CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL
“JOSE IGNACIO PEIXOTO”

Comandos Elétricos

FIEMG
CIEMG
SESI
SENAI
IEL
Sistema FIEMG

Presidente da FIEMG
Robson Braga de Andrade

Gestor do SENAI
Petrônio Machado Zica

Diretor Regional do SENAI e
Superintendente de Conhecimento e Tecnologia
Alexandre Magno Leão dos Santos

Gerente de Educação e Tecnologia
Edmar Fernando de Alcântara

Elaboração
Givanil Costa de Farias

Unidade Operacional

CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL “JOSE IGNACIO PEIXOTO”

FIEMG
CIEMG
SESI
SENAI
IEL
Sistema FIEMG

Sumário

APRESENTAÇÃO **6**

INTRODUÇÃO **7**

FUSÍVEIS **8**

SIMBOLOGIA 8
CONSTITUIÇÃO 8
FUNCIONAMENTO 10
CARACTERÍSTICAS DOS FUSÍVEIS QUANTO AO TIPO DE AÇÃO 10
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS FUSÍVEIS 11
SUBSTITUIÇÃO 16
DIMENSIONAMENTO 16

BOTÕES DE COMANDO **17**

SIMBOLOGIA 17
CONSTITUIÇÃO BÁSICA 17
BLOCO DE CONTATOS 19
BOTOEIRA COM TRAVAMENTO 20
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS 21

CHAVE AUXILIAR TIPO FIM DE CURSO **22**

SIMBOLOGIA 22
CONSTITUIÇÃO 22
FUNCIONAMENTO 25
CARACTERÍSTICAS 25

CONTATORES **27**

CONSTITUIÇÃO 27
FUNCIONAMENTO 30
TIPOS DE CONTATORES 31
VANTAGENS DO EMPREGO DE CONTATORES 32
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS 32
TECNOLOGIA DOS CONTATORES 34
CONTATOS E TERMINAIS DE LIGAÇÕES PRINCIPAIS DOS CONTATORES 34
CONTROLE DO ESTADO DOS CONTATOS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO 35
IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS 36
INTERTRAVAMENTO DE CONTATORES 36

RELÉS DE PROTEÇÃO **39**

RELÉS TÉRMICOS DE SOBRECARGA 39
FUNCIONAMENTO 41
CONDIÇÕES DE SERVIÇO 44
TIPOS DE RELÉS DE SOBRECARGA 45
TIPOS DE RELÉS ELETROMAGNÉTICOS 47

DISJUNTOR INDUSTRIAL 49

SIMBOLOGIA 49
CONSTITUIÇÃO 49
FUNCIONAMENTO 51

SELETIVIDADE 54

SELETIVIDADE ENTRE FUSÍVEIS EM SÉRIE 54

SINALIZAÇÃO 58

SÍMBOLOS 58

RELÉS DE TEMPO 61

TIPOS DE RELÉS DE TEMPO QUANTO À AÇÃO DOS CONTATOS 61
SIMBOLOGIA 62
CONSTITUIÇÃO – 62
FUNCIONAMENTO – 62

TRANSFORMADORES PARA COMANDOS ELÉTRICOS 63

TRANSFORMADORES DE TENSÃO 63
SIMBOLOGIA 63
CONSTITUIÇÃO 63
FUNCIONAMENTO 63
CARACTERÍSTICAS 63
APLICAÇÕES 64
AUTOTRANSFORMADOR 64
SIMBOLOGIA 64
CONSTITUIÇÃO 65
FUNCIONAMENTO 65
TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC) 66
SIMBOLOGIA 66
FUNCIONAMENTO 67
APLICAÇÕES 67

CIRCUITOS E DIAGRAMAS ELÉTRICOS 69

TIPOS DE DIAGRAMAS 69
IDENTIFICAÇÃO LITERAL DE ELEMENTOS 72
SIGLAS DAS PRINCIPAIS NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS 73

SISTEMA DE PARTIDA DIRETA DE MOTORES TRIFÁSICOS 85

PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO 92
SISTEMA DE PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTORES TRIFÁSICOS CONDIÇÕES ESSENCIAIS: 95
CARACTERÍSTICA FUNDAMENTAL.....95
SISTEMA DE PARTIDA COM AUTOTRANSFORMADOR (COMPENSADORA) DE MOTORES TRIFÁSICOS.....100
COMPARAÇÃO ENTRE CHAVES ESTREIA-TRIÂNGULO E COMPENSADORAS AUTOMÁTICAS ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA 105
COMUTAÇÃO POLAR DE MOTORES TRIFÁSICOS.....106
SISTEMAS DE FRENAGEM DE MOTORES TRIFÁSICOS 109

Apresentação

"Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar na chamada sociedade do conhecimento. "
Peter Drucker

O ingresso na sociedade da informação exige mudanças profundas em todos os perfis profissionais, especialmente naqueles diretamente envolvidos na produção, coleta, disseminação e uso da informação.

O **SENAI**, maior rede privada de educação profissional do país,sabe disso , e ,consciente do seu papel formativo , educa o trabalhador sob a égide do conceito da competência**:" formar o profissional com responsabilidade no processo produtivo, com iniciativa na resolução de problemas, com conhecimentos técnicos aprofundados, flexibilidade e criatividade, empreendedorismo e consciência da necessidade de educação continuada."**

Vivemos numa sociedade da informação. O conhecimento , na sua área tecnológica, amplia-se e se multiplica a cada dia. Uma constante atualização se faz necessária. Para o **SENAI**, cuidar do seu acervo bibliográfico, da sua infovia, da conexão de suas escolas à rede mundial de informações – internet- é tão importante quanto zelar pela produção de material didático.

Isto porque, nos embates diários,instrutores e alunos , nas diversas oficinas e laboratórios do **SENAI**, fazem com que as informações, contidas nos materiais didáticos, tomem sentido e se concretizem em múltiplos conhecimentos.

O **SENAI** deseja , por meio dos diversos materiais didáticos, aguçar a sua curiosidade, responder às suas demandas de informações e construir links entre os diversos conhecimentos, tão importantes para sua formação continuada !

Gerência de Educação e Tecnologia

Introdução

Este estudo tem como objetivo apresentar alguns dos mais variados tipos de dispositivos elétricos utilizado na montagem de comandos elétricos, apontando características físicas e construtivas dos mesmos. Analisaremos também o funcionamento elétrico destes, a fim de que possamos entender com mais clareza e objetividade o seu princípio de funcionamento e a sua aplicabilidade, como também, alguns dos sistemas de partida utilizados para motores.

Fusíveis

São dispositivos usados nas instalações elétricas com a função de proteger os circuitos contra os efeitos de curto-circuito ou sobrecargas.

Simbologia

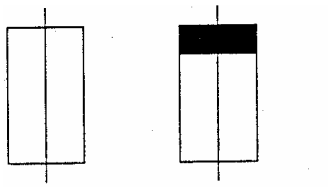


Fig. 1.1

Constituição

São partes da constituição dos fusíveis: o contato, o corpo isolante, o elo de fusão e o indicador de queima. (Fig. 1.2)

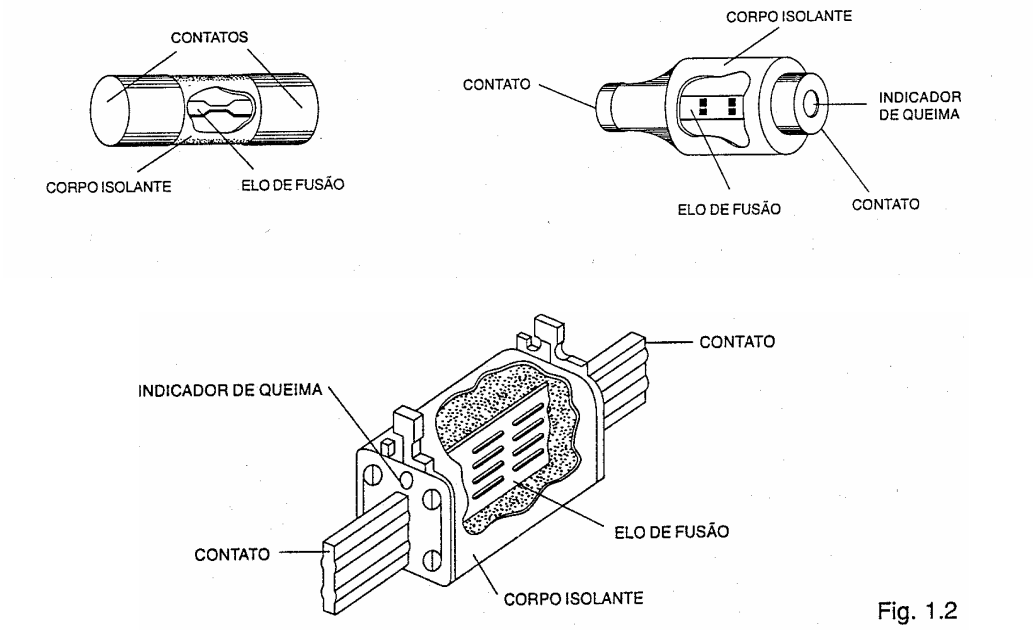


Fig. 1.2

Contatos

Servem para fazer a conexão dos fusíveis com os componentes das instalações elétricas. Feitos de latão ou cobre prateado, para evitar oxidação e mau contato.

Corpo isolante

É feito de material isolante de boa resistência mecânica, que não absorve umidade. Geralmente de cerâmica, porcelana ou esteatita. Dentro do corpo isolante se

alojam o elo fusível e, em alguns casos, o elo indicador de queima, imersos por completo em material granulado extintor - areia de quartzo de granulometria adequada de (acordo com a corrente máxima circulante).

Elo de fusão- Material condutor de corrente elétrica e baixo ponto de fusão, feito em forma de fios ou lâminas.

Em forma de fio- A fusão pode ocorrer em qualquer ponto do elo (fio).

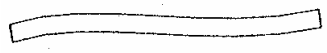


Fig. 1.3

Em forma de lâmina - Assumem diversas formas de seção, conforme descrito a seguir.

Elo fusível com seção constante - A fusão pode ocorrer em qualquer ponto do elo. (Fig. 1.4)

Fig. 1.4

Elo fusível com seção reduzida normal - A fusão sempre ocorre na parte onde a seção é reduzida. (Fig. 1.5)

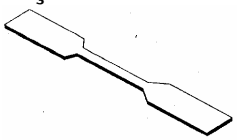


Fig. 1.5

Elo fusível com seção reduzida por janelas - A fusão sempre ocorre na parte entre as janelas de maior seção. (Fig. 1.6)

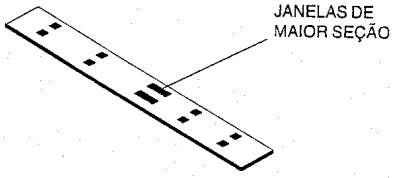


Fig. 1.6

Elo fusível com seção reduzida por janelas e um acréscimo de massa no centro - A fusão ocorre sempre entre as janelas. (Fig. 1.7)

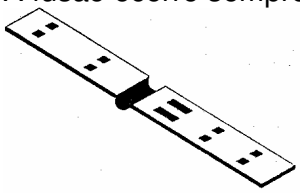


Fig. 1.7

Elo indicador de queima - É constituído de um fio muito fino, que está ligado em paralelo com o elo fusível. No caso de fusão do elo fusível, o fio do indicador de queima também se fundirá, provocando o desprendimento da espoleta. (Fig. 1.8)

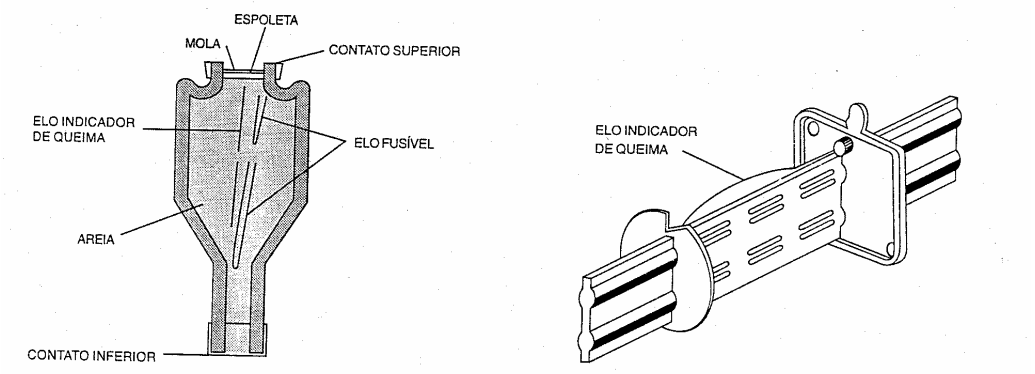


Fig. 1.8

Indicador de queima

Facilita a identificação do fusível queimado. Desprende-se em caso de queima do fusível.

Funcionamento

O funcionamento dos fusíveis é baseado na fusão do elo fusível, condutor de pequena seção transversal que sofre um aquecimento maior que o dos outros condutores à passagem da corrente. Para uma relação adequada entre seção do elo fusível e o condutor protegido, ocorrerá a fusão do metal do elo quando o condutor atingir uma temperatura próxima da máxima admissível (especificada para cada fusível, de acordo com sua aplicação e corrente nominal).

Características dos fusíveis quanto ao tipo de ação

Os fusíveis podem ser de:
- ação rápida ou normal;
- ação ultra-rápida;
- ação retardada.

Fusíveis de ação rápida ou normal

Neste caso a fusão do elo ocorre após alguns instantes da sobrecarga. Os elos podem ser de fios com seção constante ou de láminas com seção reduzida por janelas. São próprios para proteger circuitos com cargas resistivas.

•Exemplo

Proteção de circuitos com lâmpadas incandescentes e resistores em geral.

Fusíveis de ação ultra-rápida

Neste caso a fusão do elo é imediata, quando recebem uma sobrecarga, mesmc sendo de curta duração. São próprios para proteger circuitos eletrônicos, quando o dispositivos são semicondutores. Os semicondutores são mais sensíveis e precisam de proteção mais eficaz contra sobrecarga, mesmo sendo de curta duração.

Fusíveis de ação retardada

A fusão do elo na ação retardada só acontece quando há sobrecargas de longa duração ou curto-circuito.
São próprios para proteger circuitos com cargas indutivas e/ou capacitivas (motores, trafos, capacitores e indutores em geral).

Características elétricas dos fusíveis

- Corrente nominal (In).
- Tensão nominal (Vn).
- Resistência de contatos.
- Limitação de corrente.
- Capacidade de ruptura.
- Característica tempo x corrente.
- Influência da temperatura ambiente.

Corrente nominal (In)

Especifica a máxima corrente que o fusível suporta continuamente sem se queimar. Geralmente vem escrita no corpo do componente.
Existe um código de cores padronizado para cada valor da corrente nominal. As cores estão numa espoleta indicadora de queima, que se encontra presa pelo elo indicador de queima.

Cor	Corrente nominal(A)
Rosa	2
Marrom	4
Verde	6
Vermelho	10
Cinza	16
Azul	20
Amarelo	25
Preto	35
Branco	50
Laranja	63

Tensão nominal (Vn)

Especifica o valor da máxima tensão de isolamento do fusível. É uma característica relacionada com o corpo isolante do dispositivo.

Resistência de contatos

A resistência de contatos entre a base e o fusível é responsável por eventuais aquecimentos porque se opõe à passagem da corrente, podendo causar a queima do fusível.

Limitação de corrente

Sob altas correntes, os fusíveis atuam tão rapidamente que a corrente de impulso de curto-circuito não pode ocorrer. O valor instantâneo máximo da corrente alcançado durante o processo de interrupção denomina-se corrente de corte In. A limitação de corrente é representada, nos catálogos, por meio de diagramas de corrente de corte. (Gráf. 1)

Capacidade de ruptura

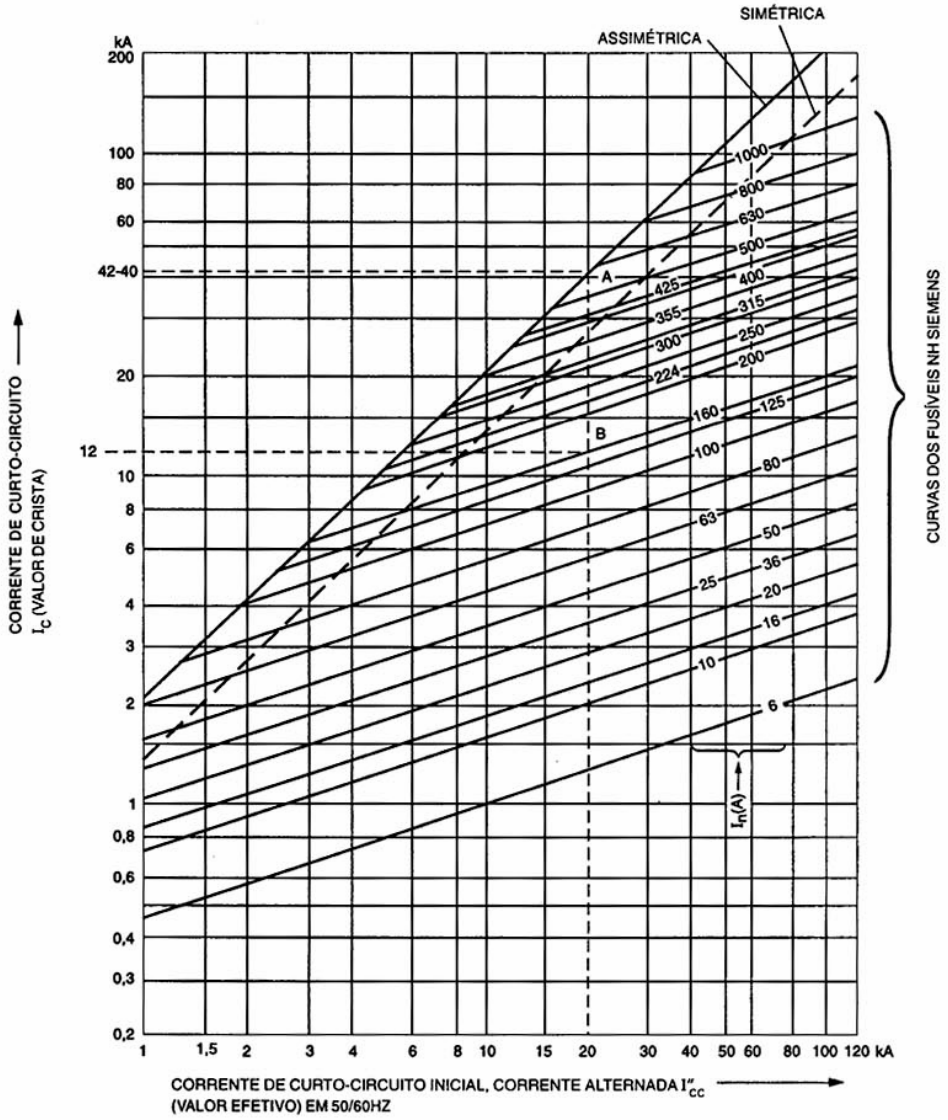
É a capacidade que um fusível tem de proteger com segurança um circuito, fundindo apenas seu elo de fusão, não permitindo que a corrente elétrica continue a circular. É representada por um valor numérico acompanhado das letras kA (quiloampêre). (Gráf. 1)

LIMITAÇÃO DE CORRENTE

ONDE

I''_{cc} = CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO INICIAL EM C.A, EM A (VALOR EFETIVO) NO LOCAL DE MONTAGEM

CURVAS DE LIMITAÇÃO DE CORRENTE DOS FUSÍVEIS NH, TIPO 3NA1 COM CARACTERÍSTICA RETARDADA E COSφ ≤ 0,7.



EXEMPLO:

SUPONDO FUSÍVEIS NH DE I_n = 160A.

CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO INICIAL, EM C.A. I''_{cc} = 20kA (VALOR EFETIVO CALCULADO) E ASSIMÉTRICA (ASSUMIDO)

a) SEM FUSÍVEIS NH: PICO DE CORRENTE 42kA (A ORDENADA I''_{cc} = 20kA CORTA A CURVA DE CORRENTE ASSIMÉTRICA NO PONTO A);

b) COM FUSÍVEIS NH: PICO DA CORRENTE LIMITADA EM 12kA (A ORDENADA I''_{cc} = 20kA CORTA A CURVA DO FUSÍVEL DE 160A NO PONTO B).

Graf. 1

Característica tempo x corrente

A característica tempo x corrente dos fusíveis é representada por um diagrama que relaciona o tempo de fusão com a corrente, em escala logarítma, como indica o gráfico 2.

A curva característica tempo de fusão x corrente é construída, assintoticamente, a partir da corrente mínima de fusão, e a reta de efeito térmico equivalente (I^2t) já na faixa de altas correntes de curto-circuito.

O perfil da curva característica depende, principalmente, da dissipação de calor no elemento fusível; na norma VDE 0636 estão definidas faixas de tempo e de corrente dentro das quais essas curvas devem se situar. Tais faixas de tempo e de corrente são necessárias devido à tolerância intrínseca de fabricação.

Pela VOE 0636, as características tempo x corrente admitem tolerância de mais ou menos 7% no eixo da corrente. As curvas características tempo de fusão x corrente, para correntes nominais de 20A, são iguais às curvas de tempo de interrupção x corrente. Para correntes de curto-circuito mais altas, essas curvas separam-se devido aos respectivos tempos de arco, que dependem do fator de potência e, primordialmente, da tensão de operação e da corrente de interrupção. (Gráf. 2)

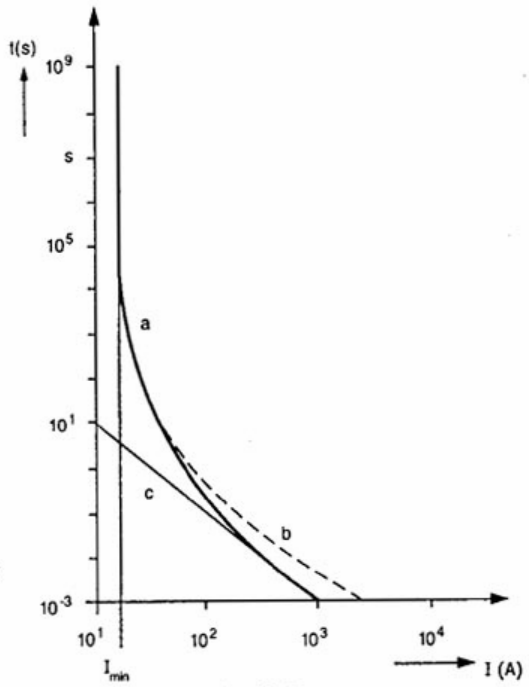
ONDE

I_{min} CORRENTE MÍNIMA DE FUSÃO

a CARACTERÍSTICA DO TEMPO DE FUSÃO

b CARACTERÍSTICA DO TEMPO DE INTERRUPÇÃO

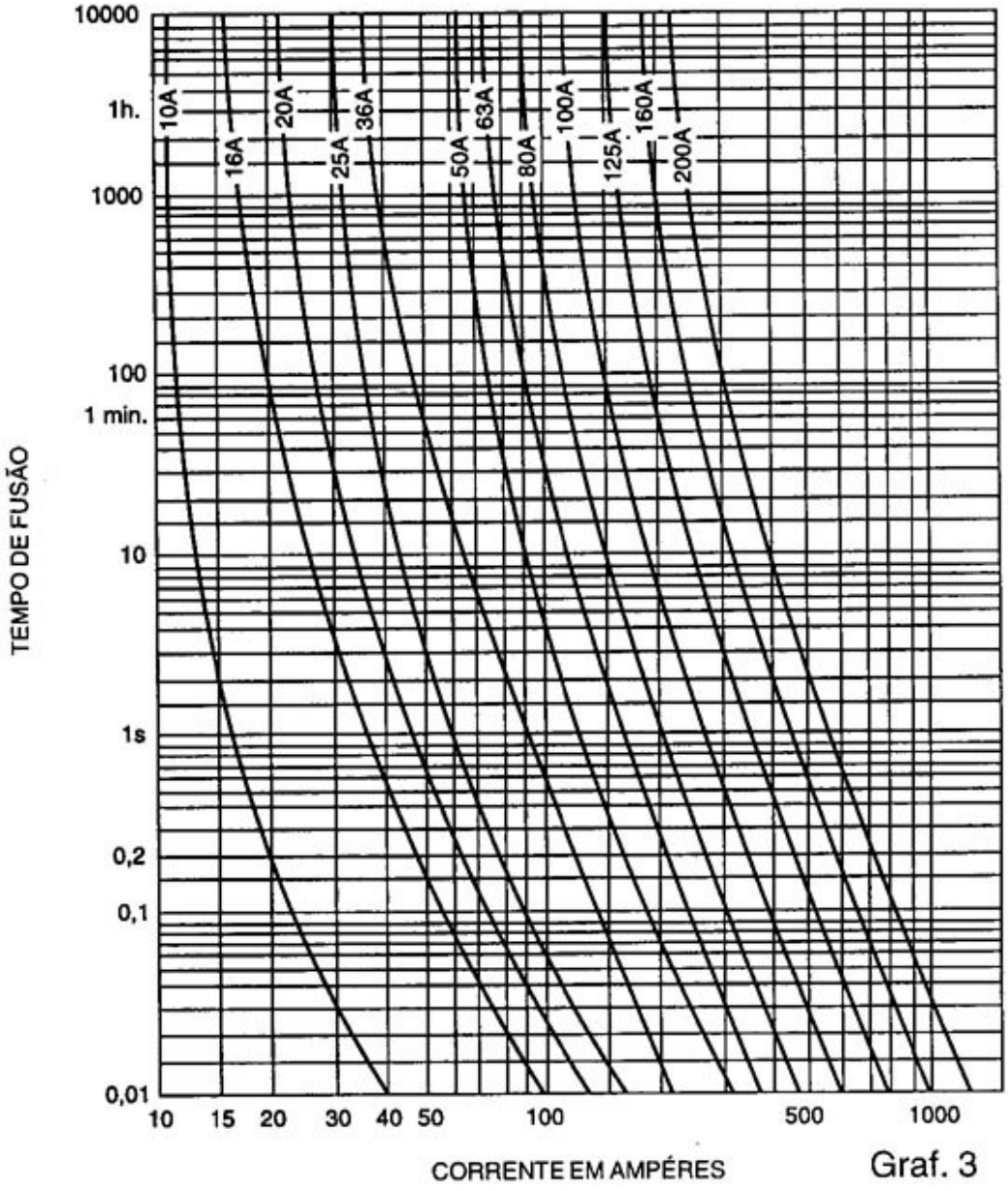
c RETA I^2t



Graf. 2

Exemplo de leitura para fusível rápido

Um fusível de 10A não se funde com a corrente de 10A, pois a reta vertical correspondente a 10A não cruza a curva correspondente. Com uma corrente de 20A, o fusível se fundirá em aproximadamente 0,2 segundos. (Gráf. 3)



Graf. 3

Influência da temperatura ambiente

Nos catálogos e documentos técnicos estão representadas as características tempo de fusão x corrente médias, levantadas em uma temperatura ambiente de 20℃ ± 50℃ Elas valem para elementos fusíveis não previamente carregados, ou seja, elementos no estado frio.

Na prática, porém, os fusíveis são expostos a diversos níveis de temperatura ambiente, que provocam pequenas variações nas características esperadas.

Em alguns tipos de fusíveis (ex: fusível NH Siemens), contudo, temperaturas entre 50℃ e +4500 têm influência desprezível sobre as curvas características. Eles podem, ainda, conduzir sua corrente nominal continuamente á temperatura de 55℃, ou no mínimo por 24 horas a 65℃.

Substituição

Não é recomendado o recondicionamento de um fusível, devendo este, ao ser rompido, ser substituído por outro de mesma capacidade.

Dimensionamento

E a escolha de um fusível que preencha as necessárias condições para fazer a proteção de determinado circuito.

A escolha do fusível deve ser feita de tal modo que uma anormalidade elétrica fique restrita a um subcircuito, sem atingir as demais partes do circuito do sistema considerado.

Para dimensionar um fusível deve-se levar em consideração as seguintes grandezas elétricas:

- corrente nominal do circuito;
- corrente de curto-circuito; tensão nominal.

BOTÕES DE COMANDO

São dispositivos com a finalidade de interromper ou estabelecer momentaneamente, por impulso, um circuito de comando, para iniciar, interromper ou continuar um processo de automação. (Fig. 2.1)

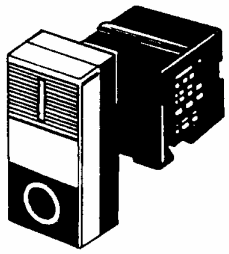


Fig. 2.1

Simbologia

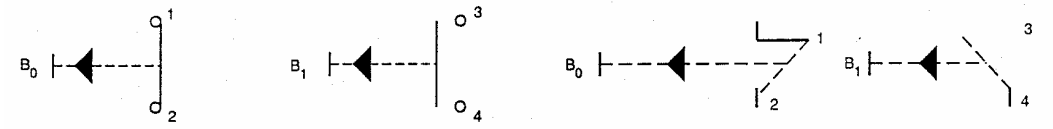


Fig. 2.2

Constituição básica

Os botões de comando são compostos, basicamente, por um elemento frontal de comando (cabeçote) e um bloco de contatos.

Elemento frontal de comando

E o elemento de acionamento do botão de comando, fabricado com diversos tipos de acionamentos para atender à enorme faixa de aplicação das botoeiras.
Tipos de elemento frontal de comando:
• normal;
• saliente;
• cogumelo;
• comutador de posições;
• comutador com Chave Yale.

Normal - Utilizado nos comandos elétricos em geral. E um botão de longo curso e praticamente inexiste a possibilidade de manobrá-lo acidentalmente.
Normal faceado simples - Possui somente um dispositivo para acionamento. (Fig. 2.3)

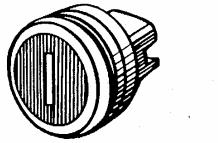


Fig. 2.3

Normal faceado duplo - Tem dois dispositivos para acionamento, um botão verde (liga) e um botão vermelho (desliga) e, em alguns casos, um dispositivo de sinalização luminoso, que acenderá ao acionarmos o botão verde.

Este tipo de elemento pode ser encontrado com ligações internas, que facilitam a sua conexão aos circuitos de comando. Os fabricantes fornecem, no corpo do componente, o diagrama de ligação. (Fig. 2.4)

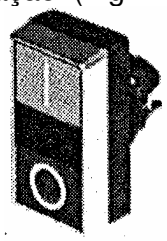


Fig. 2.4

Saliente - Sua construção torna o acionamento mais rápido, porém oferece a possibilidade de manobra acidental se não tiver guarnição. (Fig. 2.5)

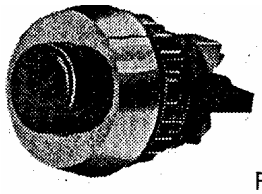


Fig. 2.5

Saliente com guarda total - Tem uma guarnição que impede a ligação acidental. (Fig. 2.6)

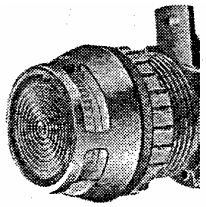


Fig. 2.6

Cogumelo - Normalmente se destina a interromper circuitos em caso de emerg&icia. (Fig. 2.7)

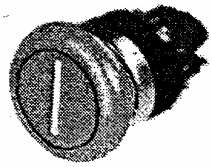


Fig. 2.7

Comutador de posições - Eremento que se mantém na posição selecionada pelo operador. Poderá ser com manopla ou alavanca. (Fig. 2.8)

Fig. 2.8

Comutador com Chave Yale - Indicado para comando de circuitos no qual a manobra deve ser executada somente pelo operador responsável. (Fig. 2.9)

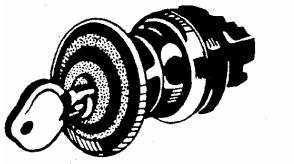


Fig. 2.9

Alguns tipos de botões de comando podem ser dotados de um elemento de sinalização luminosa interna, que acenderá quando acionarmos o dispositivo, sinalizando a operação.

Códigos decores - Os botões de comando são fabricados segundo um código internacional de cores, o que facilita a identificação do regime de funcionamento das maquinas comandadas pelos mesmos. O quadro a seguir mostra as cores e a indicação de suas funções.

Cor padronizada	Regime de funcionamento
Vermelho	Parar - desligar. Parada de emergência.
Verde ou preto	Acionamento. Início do ciclo de operação de máquina.
Amarelo	Atenção, cuidado. Partida de retrocesso fora das condições normais de operação. Partida de um movimento para evitar condições de perigo.
Branco ou azul claro	Qualquer função para a qual as cores mencionadas não têm validade. Informações especiais.

Bloco de contatos

Elemento constituído de um corpo isolante, contatos móveis, fixos e bornes para conexões. (Fig. 2.10)

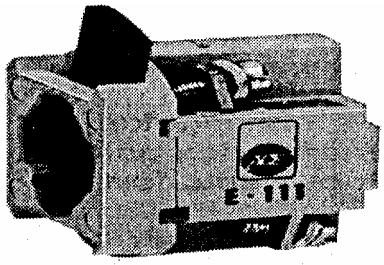


Fig. 2.10

Corpo isolante - Serve para envolver os contatos e sustentar os bornes para conexões. É feito de material termoplástico (isolante) de boa resistência mecânica.

Contatos - São elementos responsáveis pela continuidade da corrente elétrica no circuito. Os contatos são, normalmente, em forma de pastilha de liga de prata, elemento que assegura baixa resistência de contatos (normalmente menor ou

igual a 0,0202 quando é novo). Alguns fabricantes fornecem, sob encomenda, contatos com banho de ouro.

Bornes para conexões - São elementos que estabelecem a ligação dos condutores aos contatos fixos. (Fig. 2.11)

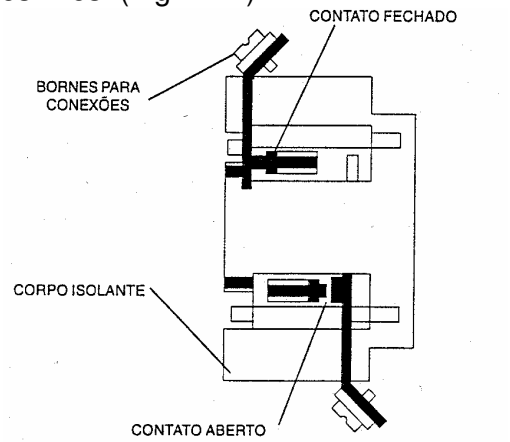


Fig. 2.11

Observação

Atua/mente, os botões de comando são fabricados de forma que podemos inserir mais blocos de contatos NA e NF de acordo com as necessidades do circuito. Os blocos de contatos são acessórios disponíveis no mercado de componentes elétricos.

Botão de comando de impulsão-É aquele no qual o acionamento é obtido pela pressão do dedo do operador no cabeçote de comando. A impulsão pode ser:

- livre, sem retenção;
- com retenção.

Livre, sem retenção - Quando o operador cessa a força externa, o botão retorna à posição desligada ou de repouso.

Com retenção - Quando pressionado, mantém-se na posição até um novo acionamento.

Botoeira com travamento

- Travamento elétrico.
- Travamento mecânico.

Travamento elétrico

Quando o botão A for pulsado, o botão B estará impossibilitado de estabelecer o circuito (a - a_1), ficando interrompido pelo botão A; o mesmo ocorre quando B é pulsado, isto é, b - b_1 ficam interrompidos pelo botão B. (Fig. 2.12)

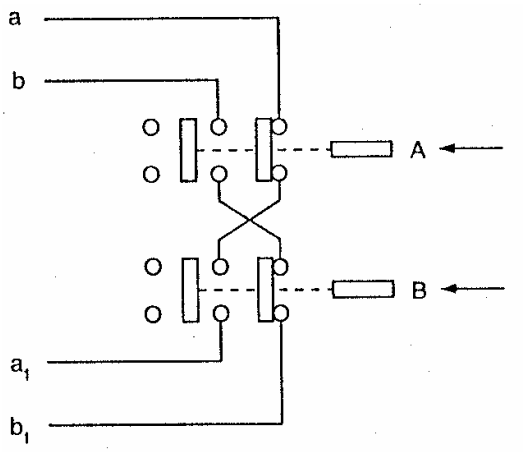


Fig. 2.12

Travamento mecânico

Pulsando-se o botão A, os contatos do botão B ficarão travados mecanicamente e impossibilitados de ligar O mesmo ocorre com o botão A, quando A é acionado. (Fig. 2.13)

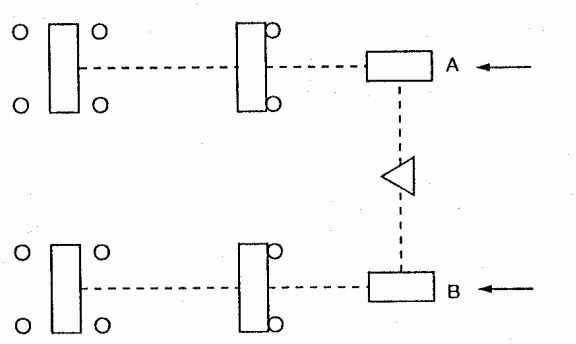


Fig. 2.13

Características elétricas

- Corrente nominal.
- Tensão nominal.

Corrente nominal

Os botões de comando são fabricados para valores de corrente nominal relativamente pequenos, normalmente entre 0,1 a 25A de corrente nominal e 1 a SOA para corrente de ruptura.

Tensão nominal

A tensão de isolação dos botões de comando varia entre 24V e 550V. Outra característica é a tensão deteste, que corresponde â resistência desolação do botão pôr um tempo reduzido. A tensão de teste é cinco vezes maior que a tensão nominal.

CHAVE AUXILIAR TIPO FIM DE CURSO

Chave que opere em função de posições predeterminadas, atingidas por uma ou mais partes móveis do equipamento controlado (NBR 5459). (Fig. 3.1)

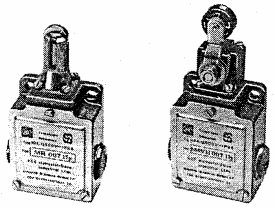


Fig. 3.1

Simbologia

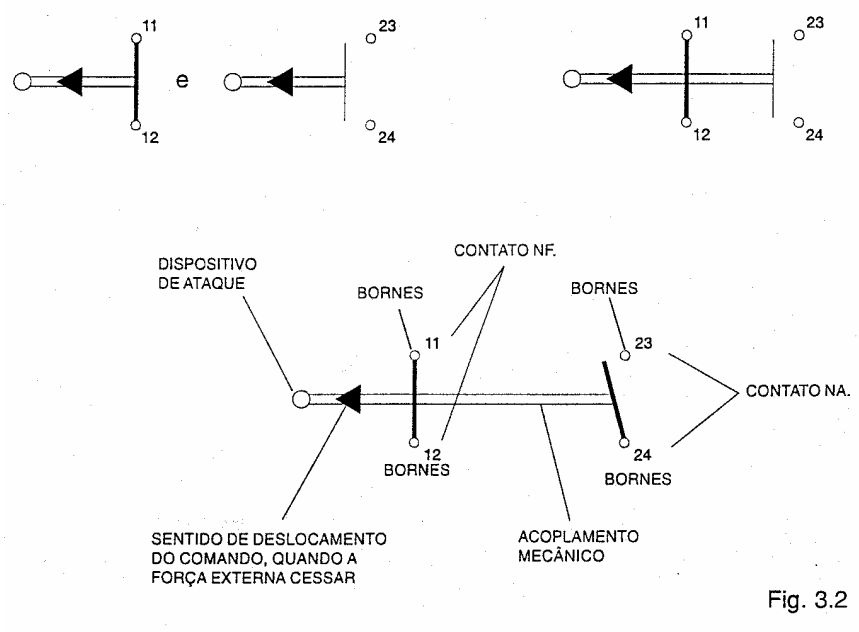


Fig. 3.2

Constituição

É basicamente composta por um corpo (carcaça), bloco de contatos e um elemento de acionamento (cabeçote).

Corpo

Elemento responsável pela proteção mecânica dos contatos e bornes. Serve como suporte de fixação do elemento de acionamento. É fabricado por diferentes tipos de materiais, de modo que possa oferecer elevada resistência mecânica, e trabalha em temperaturas variadas. (Fig. 3.3)

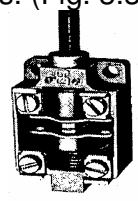


Fig. 3.3

Bloco de contato

Responsável pelo acionamento elétrico do circuito de comando, quando acionado mecanicamente pelo cabeçote.
As chaves fim de curso admitem uma grande variedade de contatos NA e NF, de acordo com o sistema de acionamento elétrico.

Exemplo

1 NA + 1 NA, 3 NA + 1 NF, 2 NA + 2 NF etc., sendo sua função programada de acordo com a necessidade.

Sistemas de contato

- Contatos simples ou por impulso.
- Contatos instantâneos.
- Contatos prolongados.

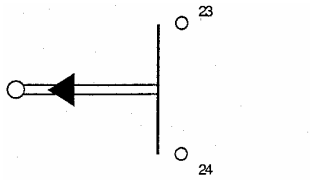


Fig. 3.4

Contatos simples ou pôr impulso - Têm um estágio intermediário entre a operação dos contatos NF e NA, dependente da velocidade de atuação. (Fig. 3.4)

Contatos instantâneos - Não têm estágio intermediário entre a operação dos contatos NF e NA. A abertura e fechamento dos contatos não depende, portanto, da velocidade de atuação. (Fig. 3.5)

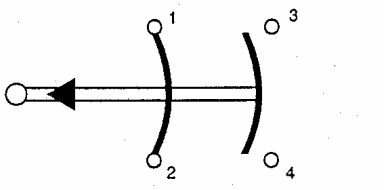


Fig. 3.5

Contatos prolongados - São usados para situações especiais (específicas).

Exemplo

Quando são acionados, o contato NA se fecha, antes do contato prolongado NF se abrir, permanecendo fechado até quase o final do curso da ação, quando novamente se abre. (Fig.3.6)

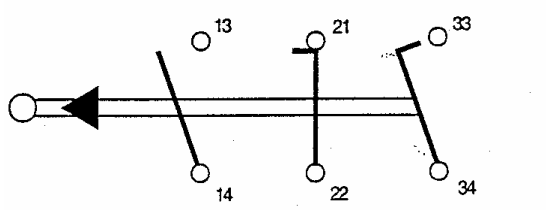


Fig. 3.6

Observação

Os bornes dos contatos são identificados por códigos numéricos, idênticos aos contatos auxiliares dos outros dispositivos já estudados, padronizados pela I.E.C.

Elemento de acionamento (cabeçote)

É o elemento que aloja os mecanismos de acionamento do fim de curso. Os mecanismos de acionamento são variados, dependendo do tipo de cabeçote, e selecionados de acordo com a função de comando a ser executada.

Existem vários tipos de cabeçotes que trabalham em dois movimentos básicos: percurso de ação retilinea e percurso de ação angular; e seu retorno pode ser automático ou pôr acionamento.

Percurso de ação retilínea

Os cabeçotes podem ser acionados na posição vertical ou horizontal. (Fig. 3.7)

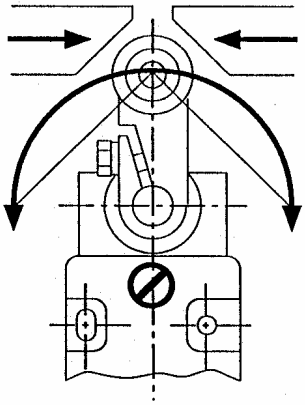
Fig. 3.7

Percurso de ação angular

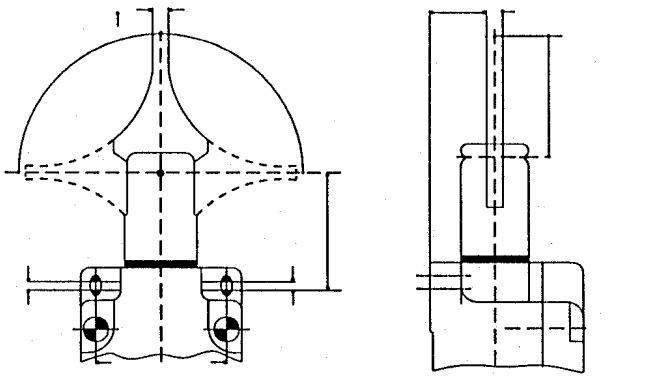
Para cabeçotes de alavanca e cabeçotes de hastes (Fig. 3.8).

Fig. 3.8

Dependendo da aplicação a que se destinam, podem ser: com ataque para direita e para a esquerda, como mostra a figura 3.9 (com retorno automático ou sem retorno automático);



ATAQUE PARA A DIREITA E PARA A ESQUERDA COM RETORNO AUTOMÁTICO



ATAQUE PARA A DIREITA OU PARA A ESQUERDA SEM RETORNO AUTOMÁTICO

Fig. 3.9

com ataque só para a direita ou só para a esquerda (com retorno automático ou sem retorno automático). (Fig. 3.10)

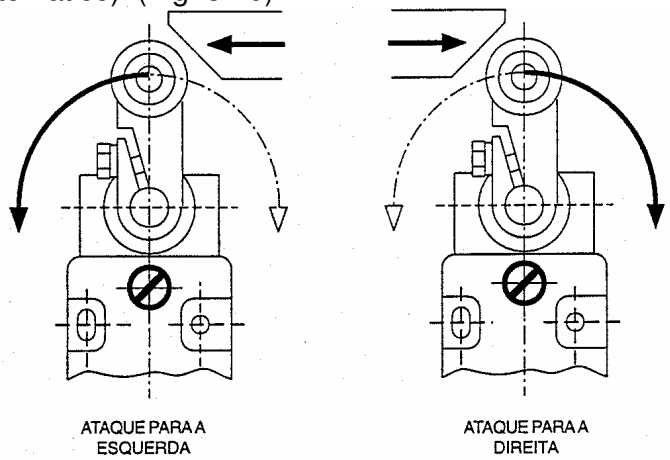


Fig. 3.10

Afigura 3.11, a seguir, mostra alguns tipos de acionamentos (cabeçotes) das chaves tipo fim de curso.

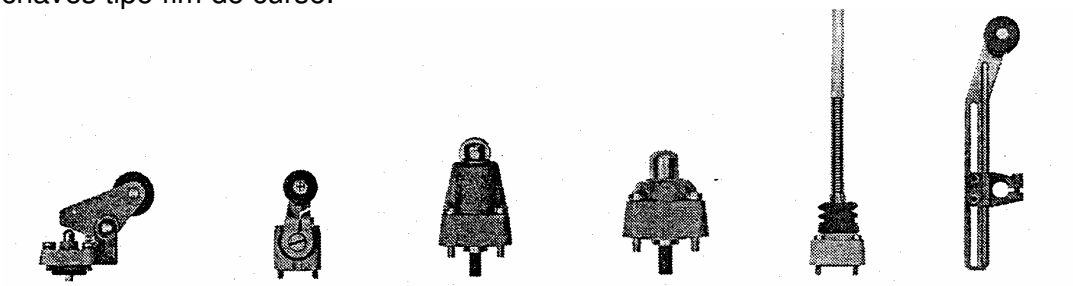


Fig. 3.11

Funcionamento

Acionando-se o cabeçote de comando por meio das partes móveis de máquinas, como hastes, excêntricos, ressaltos etc., serão executados a abertura e o fechamento dos contatos que operam diretamente em circuitos auxiliares e de comando.

Observação

A operação dos contatos depende do sistema de acionamento de contatos.

Características

Suas principais características são:
• tensão nominal de isolamento;
• corrente nominal;
• número de manobras;
• grau de proteção.

Tensão nominal de isolamento - Varia de acordo com o material usado na fabricação do dispositivo. Normalmente é 500V(CA) 600V(CC).

Corrente nominal - É baseada na estrutura de seus contatos e bornes. Normalmente é de l0A.

Número de manobras - E o valor que define a vida útil, elétrica e mecânica do dispositivo. Entende-se pôr manobra qualquer ação sobre o dispositivo (ligar, desligar...).

Exemplo

Dez milhões de manobras, 30 milhões de manobras etc.

Grau de proteção - O grau de proteção é expresso em código, devidamente normalizado, que classifica, para determinado equipamento, sua proteção contra choques, penetração de corpos estranhos e líquidos.

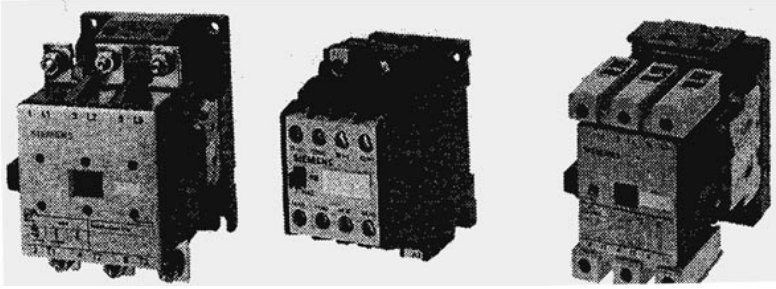
Exemplo

IP 65
Onde
IP - significa grau de proteção
Primeiro algarismo (6) - penetração total contra o contato com partes sob tensão ou em movimento. Proteção total contra penetração de pó.
Segundo algarismo (5) - proteção contra jatos de água, provenientes de qualquer direção.A tabela, a seguir, mostra as diversas classificações a que estão sujeitos os invólucros dos aparelhos elétricos no que diz respeito ao grau de Proteção

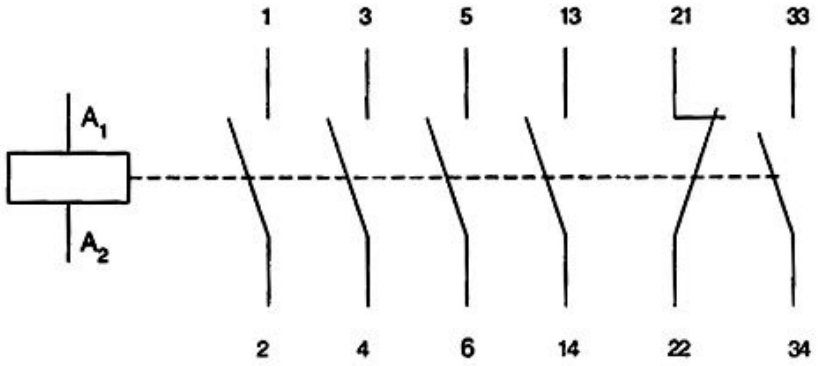
1º algarismo	Proteção do acesso às partes energizadas	2º algarismo	Proteção contra líquidos
0	Sem proteção.	0	Sem proteção.
1	Proteção contra toque acidental com a mão. Proteção contra corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50mm.	1	Proteção contra gotas de água na vertical.
2	Proteção contra toque dos dedos. Proteção contra corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12mm.	2	Proteção contra gotas de água até uma inclinação de 15º com a vertical.
3	Proteção contra acessos acidentais de ferramentas.	3	Proteção contra respingos d'água até uma inclinação de 60º com a vertical.
4	Proteção contra ferramentas. Proteção contra corpos sólidos acima de 1mm.	4	Proteção contra respingos de água de todas as direções.
5	Proteção completa contra toque. Proteção contra acúmulo de poeiras nocivas.	5	Proteção contra jatos de água de todas as direções.
6	Todas as peças energizadas completamente protegidas. Blindagem à prova de pó.	6	Proteção contra a submersão.

Contatores

São dispositivos de manobra mecânicos, acionados eletromagneticamente, operados à distância com força de retrocesso.
Construídos para uma elevada freqüência de operações e cujo arco é extinto no ar.
Os contatores sâo usados para manobra de circuitos auxiliares de vários tipos, execução de motores e outras cargas, tanto de corrente contínua como alternada. (Fig. 4.1)



Simbologia



2 NA + 1 NF

Fig. 4.2

Constituição

O contator é dividido em sistema de acionamento (núcleo móvel, núcleo fixo e bobi na) e sistema de manobra de carga (contatos móveis e fixos e/ou câmara de faísca).

Contatos

Parte do contator por meio do qual um circuito é estabelecido ou interrompido, Existem contatos fixos e móveis e, de acordo com a utilização, contatos principais e auxiliares.

Contatos fixos

- Parte de um elemento de contato fixado à carcaça do contator. Na extremidade oposta ao corpo onde estão montados os contatos fixos são colocados os bornes para conexões, destinados à interligação do contator com outros dispositivos.

Contatos móveis

- Normalmente feitos de cobre, têm dois pontos de contatos de prata nas extremidades, movidos quando acionamos a bobina do contator.

Câmara de extinção do arco elétrico

É um compartimento do contator que envolve os seus contatos principais. Seu principal objetivo é a extinção da faísca ou arco voltaico, que surge quando se interrompe ou fecha-se um circuito elétrico.
O arco orienta-se em virtude da ação da força do campo magnético próprio, dirigido do ponto de contato para fora (sopro dinâmico).

Terminais de conexão

Destinam-se à interligação do contator com outros dispositivos do circuito.

Carcaça

E a parte que aloja e sustenta todos os componentes do contator; feita de matenal isolante, que oferece resistência elétrica e mecânica.

Bloco de contatos auxiliares

Compartimento onde se encontram os contatos auxiliares fixos e móveis (NA e NF).

Suporte dos contatos móveis

Sustenta mecanicamente os contatos móveis e se encontra preso ao núcleo móvel; feito de material isolante de alta resistência mecânica.
Núcleo móvel
Elemento feito de lâminas de ferro sobrepostas, isoladas entre si, que diminuem as perdas no ferro; acoplado mecanicamente ao suporte dos contatos móveis.

Bobina

É o elemento responsável pela criação de um campo magnético, que faz movimentar eletromecanicamente o sistema móvel do contator. É constituída por várias espiras de fio esmaltado, enroladas num carretel isolante. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica, produz um campo magnético.

Núcleo fixo

Elemento responsável pela concentração das linhas de força do campo magnético criado pela bobina, evitando que elas se dispersem.

É feito de lâminas de ferro sobrepostas, isoladas entre si. Nos contatores com acionamento em corrente alternada é inserido ao núcleo fixo um anel metálico nos pólos magnéticos, denominado anel de defasagem (anel de curto-circuito). Este anel fica sob a ação do campo magnético, proveniente de uma corrente alternada,

e sua função é evitar que ocorram ruídos e trepidações. Já que, com a passagem da corrente alternada por zero, a força magnética desaparece, o anel que está sob a ação do campo magnético sofre indução, dando origem a um campo magnético próprio do original. Com isto, a força magnética atuante nunca atinge o valor zero. (Fig. 4.3)

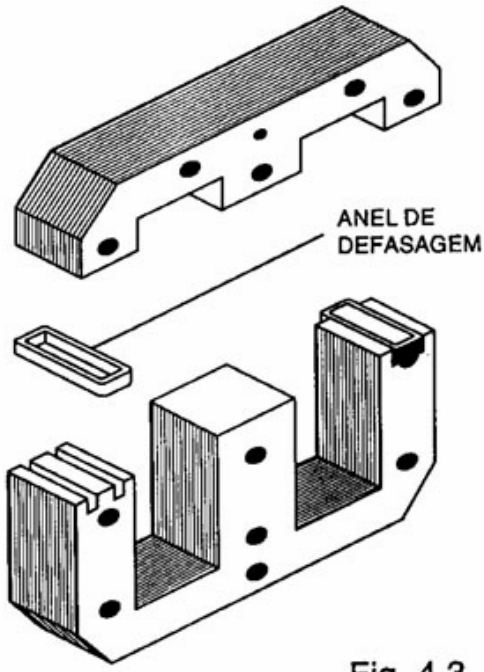
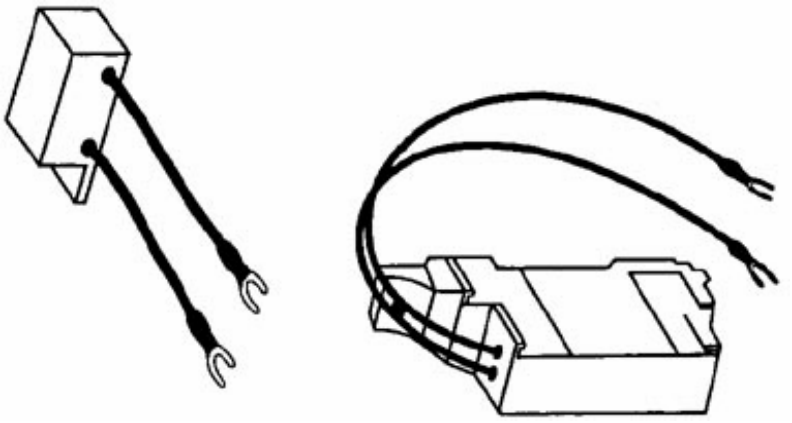


Fig. 4.3

Observação

Acessório - supressor de sobretensão: utilizado no amortecimento das sobretensões provocadas por conta tores durante as operações de abertura. Estas sobretensões podem colocar em risco de dano componentes sensíveis à variação de tensão, ligados paralelamente com a bobina do conta tor.
Tais acessórios são usados como amortecedores,circuitos RC ou Varistores. (Fig. 4.4)



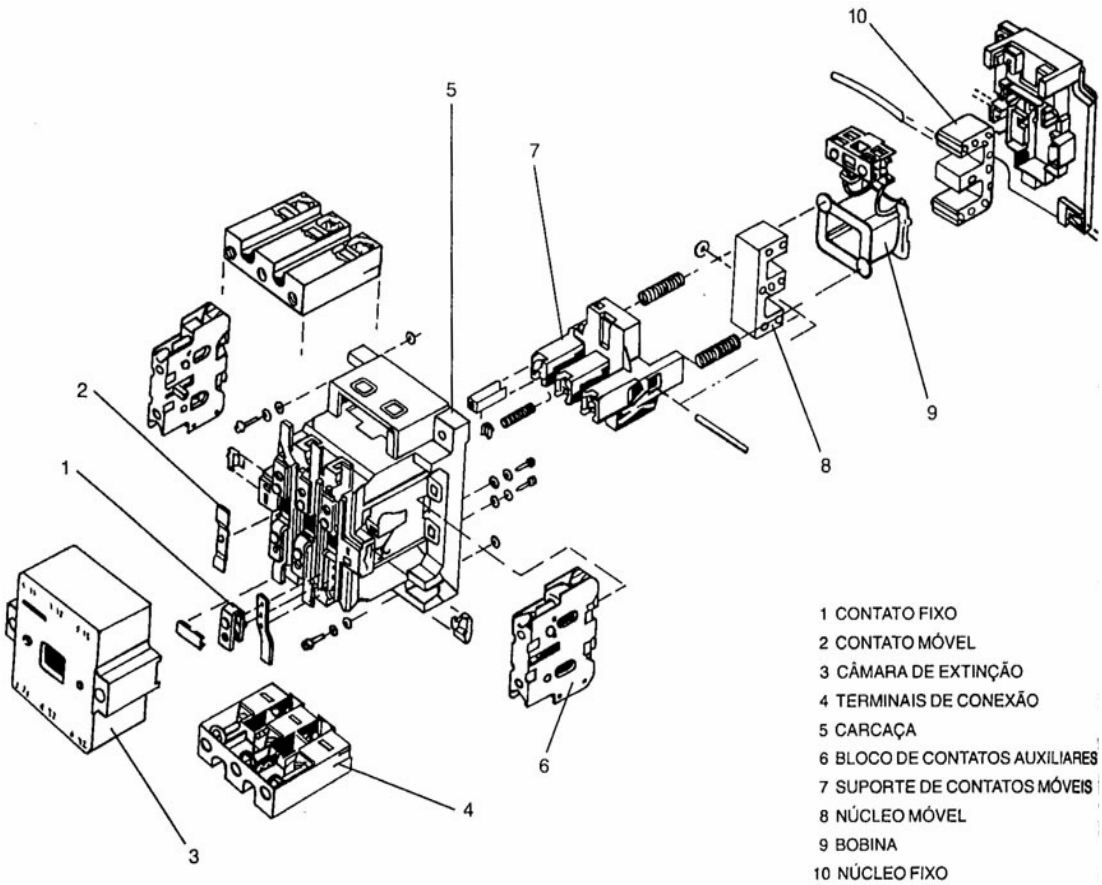
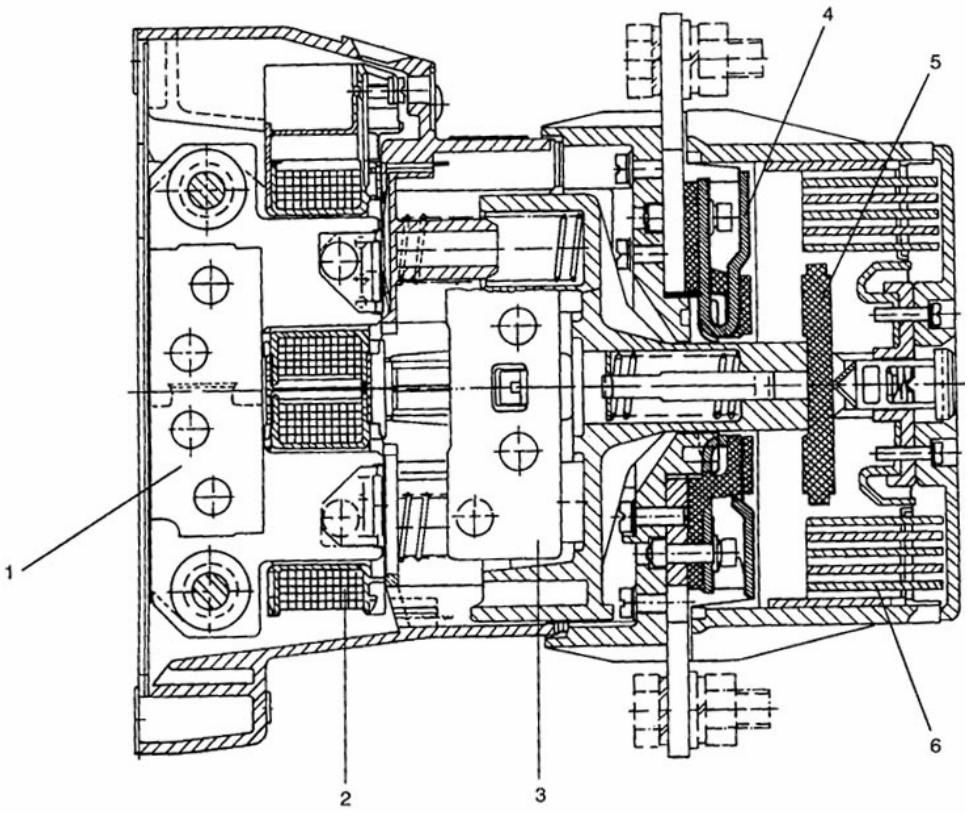


Fig. 4.5

Funcionamento

Quando a bobina do contator é alimentada por um dispositivo de comando (botoeiras, fins de curso etc.), cria-se um campo magnético no núcleo fixo, que atrai o núcleo móvel. Estando os contatos móveis acoplados mecanicamente ao núcleo móvel, deslocam-se ao encontro dos contatos fixos, fechando o circuito.

Para desligamento dos contatores, interrompe-se a alimentação da bobina, desaparecendo, então, o campo magnético, provocando por molas o retorno do núcleo móvel e, assim, separando os contatos que automaticamente desligam o circuito. (Fig. 4.6)



CONTATOR 3TF56 Fig. 4.6

1- Núcleo Fixo
2- Bobina
3- Núcleo Móvel
4- Contato Fixo
5- Contato Móvel
6- Câmara de Extinção

Tipos de contatores

De acordo com as características elétricas e as condições de serviço, os contatores podem ser classificados em: contatores tripolares de potência e contatores auxiliares.

Contatar tripolar - Destina-se a efetuar o acionamento de diversos tipos de cargas das instalações industriais, como motores elétricos, capacitores, resistências de aquecimento etc.

Suas principais características são:

- podem possuir contatos principais e auxiliares;
- maior robustez de construção;
- facilidade de associação a relés;
- tamanho físico de acordo com a potência da carga;
- a potência da bobina do eletroimã varia de acordo com o tipo de contator;
- geralmente tem cãmara de extinção de arco;
- podemos inserir blocos de contatos auxiliares fornecidos pelo fabricante.

Contator auxiliar - Destina-se a efetuar o comando de pequenas cargas. É utilizado no comando de sinalizações, eletroválvulas, bobinas de contatores tripolares etc.

Normalmente, os contatores auxiliares são utilizados para aumentar o número d4 contatos auxiliares dos contatores tripolares.
Suas principais características são:

- tamanho físico variável conforme o número de contatos;
- corrente nominal de carga máxima igual a 1 QA para todos os contatos;
- câmara de extinção praticamente inexistente.

Vantagens do emprego de contatores

- Comando à distância.
- Facilidade de instalação.
- Elevado número de manobras (elevada durabilidade).
- Fácil substituição de peças danificadas.
- Tensão de operação de 85% a 110% da tensão nominal prevista para o contato
- Facilidade de associação a relés, fusíveis e chaves especiais para proteger automatizar os circuitos.
- Atualmente, os fabricantes fornecem peças de reposição originais como bobi nas, jogos de contatos, câmara de faisca (arco), blocos de contato auxiliares etc.

Características elétricas

O contator é um dos dispositivos de seccionamento mais usado nas instalações elétricas.
Para fazermos a escolha de um contator, devemos conhecer suas caracterísi cas elétricas, que são informações padronizadas e estão contidas nos selos de iden tificação do contator e catálogos de fabricantes.

As principais características de um contator são:

- tensão nominal de isolação;
- tensão nominal de serviço;
- potência nominal elétrica e mecânica;
- corrente nominal de serviço;
- freqüência de manobras;
- categorias de emprego;
- tensão nominal de comando;
- número de contatos auxiliares.

Tensão nominal de isolação

É o valor da tensão que caracteriza a resistência de isolamento do contator (propriedade do material isolante, que evita que este se torne condutor, devido às correntes de descarga).

Tensão nominal de serviço

É o valor eficaz da tensão, pelo qual um dispositivo de manobra é designado e ao qual são referidos outros valores nominais.

Poderá vir expressa em valores diferentes, dependendo da tensão de trabalho ou do local onde estiver instalado o dispositivo.

- **Exemplo**

220V - 240V - 380V

Potência nominal elétrica e mecânica –

É a potência real consumida por um equipamento elétrico, expressa em watts (W).

Observação

Normalmente, nas placas de identificação dos contatores, vem expressa a potência mecânica em CV ou HP, correspondente à potência elétrica.
Ex.: Potência nominal elétrica de 7,5kW e potência mecânica de 1OHR

Corrente nominal de serviço (‘th) - É a corrente máxima que os contatos de um dispositivo suportam, sem danificar as suas partes isolantes; indicada pelo fabricante, depende normalmente da tensão nominal de serviço, da freqüência e da categoria de emprego.

Frequência de manobras - Número de manobras por hora que o contator deve realizar. Quanto maior for este valor, menor será a vida dos contatos.

Categorias de emprego - Determinam as condições para ligação e interrupção da corrente nominal de serviço e tensão nominal de serviço correspondente, para utilização normal do contator nos mais diversos tipos de aplicação para CA e CC. Veja a tabela a seguir.

Corrente Alternada	
AC-1	Cargas resistivas ou pouco indutivas
AC-2	Manobra de motores com anéis coletores,freio por cntra corrente, reversão
AC-3	Manobra de motores com rotor gaiola, desligamento em regime
AC-4	Manobra de motores com rotot gaiola, serviço intermitente, pulsatório e reversão a plena marcha
Corrente Continua	
DC-1	Cargas resistivas ou pouco indutivas
DC-2	Motores em derivação, desligamento em regime
DC-3	Motores em derivação, freio pro contra corrente, reversão
DC-4	Motores com exitação série, desligamento em regime
DC-5	Motores com exitação série, freio por contra corrente, reversão

Tensão nominal de comando - É a tensão de alimentação da bobina do contator. Para essa especificação deve-se observar a tensão do circuito de comando e a freqüência da rede. De acordo com as normas, os contatores devem operar perfeitamente com até 85% da tensão nominal de comando.

Número de contatos auxiliares - Definidos de acordo com a necessidade do circuito.

Tecnologia dos contatores

Devido à tendéncia constante para uma crescente automação, os dispositivos de manobra sofrem constantes modificações nas suas características físicas e construtivas para adequação às atuais necessidades, como:

- redução do espaço necessário;
- maior facilidade na montagem e conexão
- facilidade de inspeção;
- etc.

Esta modificações, geralmente, não alteram o princípio de funcionamento dos dispositivos. O técnico deve observar atentamente estas adequações dos dispositivos, consultando manuais fornecidos pelos fabricantes, para estar apto a fazer inspeções nos elementos que constituem dispositivos e montagens de circuitos.

Contatos e terminais de ligações principais dos contatores

Os contatos são as únicas peças de um contator sujeitas a um desgaste apreciável. Sua vida útil depende do valor da corrente de desligamento e da freqüência de manobra.

Os contatos devem, portanto, ser verif icados regularmente e, quando necessário, substituidos para aproveitamento total da vida útil mecânica do contator. Somente em alguns poucos casos é justificável, devido a razões econômicas e técnicas, o projeto de um contator de maneira que sua vida útil elétricá seja igual à sua vida útil mecânica. Estes componentes poderão, entretanto, necessitar substituição resultante de um curto-circuito (geralmente ao iniciar a operação) ou devido a uma alta freqüência de manobra.

Os contatos são construídos para interrupção dupla ou em ponte de circuito de corrente, técnica atualmente muito empregada em aparelhos modernos e de alta qualidade. A interrupção em ponte visa reduzir os efeitos destrutivos do arco voltaico, que se forma no instante em que os contatos se separam. Esta divisão em dois arcos de menor intensidade, por isso mesmo mais fracos e de mais fácil extinção, protege as peças de contato. Acrescentando-se uma câmara de extinção do arco, obtém-se uma extinção rápida do arco voltaico. (Fig. 4.7)

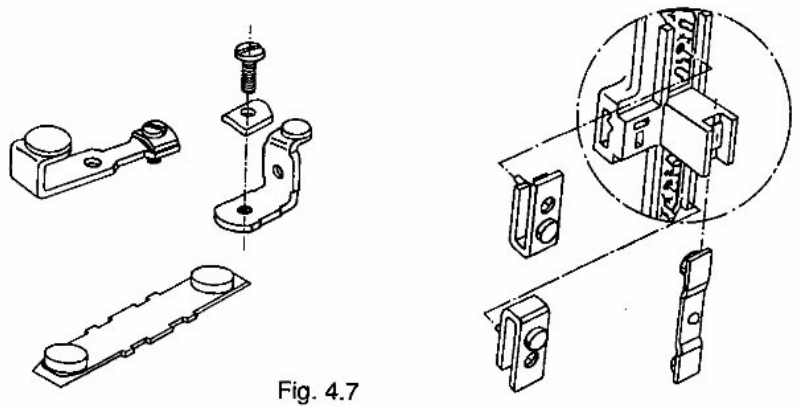


Fig. 4.7

Em contatos destinados a interromper altas capacidades de corrente é possível reduzir o efeito do arco voltaico mediante a interrupção múltipla do circuito de corrente, dispondo de diversos contatos de ponte em série. Ao aplicar essa técnica, não se esquecer de que pontos de contato são lugares onde se desenvolve calor, em virtude da maior resistência à passagem da corrente entre os contatos móveis e os fixos.
Na ação da câmara de extinção, o arco se move sobre as peças fixas de contato, que se prolongam até perto das lâminas para sua extinção. Chegando junto à extremidade externa do contato, o arco é atraído pelas lâminas de aço da câmara de extinção. Passando para estas, penetra entre as lâminas, sendo subdividido em uma série de pequenos arcos. Com este método obtém-se, principalmente, o rápido afastamento do arco das peças de contato e, subseqúentemente, a subdivisão do arco, permitindo a desejada extinção rápida. Praticamente não aparecem faíscas do lado exterior da câmara; o aquecimento desta também é mínimo, mesmo com alto número de interrupções consecutivas.

Ao ligar o contator poderão surgir faíscas de curta intensidade, quando há um ricochete entre as peças de contato. Este ricochete é causado pelo impacto entre a peça fixa de contato e a móvel, no instante de ser ligado o contator. O tempo de duração do ricochete depende das massas dos contatos, sendo tanto menor quanto menores forem estas.

A grandeza de corrente no instante de ligação, por vezes bem superior á nominal, como no caso de motores, não influi na vida dos contatos.

Controle do estado dos contatos e critérios de avaliação

A durabilidade dos contatos dos contatores, em meses **e** anos, pode ser estimada a partir de condições de aplicação especificadas por meio de um monograma. No entanto, deve-se inspecionar regularmente os contatos, porque sua vida útil, por diversos motivos, poderá ser maior ou menor do que a teoricamente esperada.

Tais motivos podem ser não apenas tolerância de fabricação, mas igualmente o fato de que, muitas vezes, é impossível prever todas as condições de serviço que determinam a durabilidade dos contatos.

Inspeções podem ser feitas nos intervalos de funcionamento. Elas contribuem para a confiabilidade de uma instalação e evitam interrupções durante o serviço.

Por outro lado, é necessária uma inspeção visual após uma perturbação, como um curto-circuito. Note-se que, segundo as normas, é permitido, após um curto-circuito, que os contatos de um contator venham a fundir-se.

Na inspeção visual, deve-se saber avaliar a necessidade de reposição dos contatos. É supérfluo, por exemplo, substitui-los porque tornaram-se ásperos e chamuscados devido aos arcos voltaicos. Essas ocorrências são perfeitamente normais e não interferem no seu funcionamento.

Se um jogo de contatos ainda pode ser utilizado ou não, depende praticamente só do volume de material remanescente nas pastilhas de contato.

Quando não for possível a inspeção visual, por impossibilidade de desativar o sistema, sugere-se o acompanhamento da evolução da temperatura de cada contato (pólo) mediante os terminais de conexão do contator.
Constatada a evolução diferenciada muito rápida da temperatura, desativar o sistema e verificar vísualmente a situação dos contatos do contator.

Identificação dos terminais

A normalização na identificação de terminais dos contatores e demais dispositivos de manobra de baixa tensão é o meio utilizado para tornar mais uniforme a execução de projetos de comandos e facilitar a localização e a função desses elementos na instalação.

Essas normalizações são necessárias, principalmente, devido à crescente automatização industrial.

Contatos principais - Os terminais de entrada (da fonte) são identificados com algarismos 1, 3 e 5 e os de saída (do lado da carga), 2,4 e 6**.** Além disso, são identificados igualmente com as seguintes designações: L1 e/ou 1; T1 e/ou 2; L2 e/ou 3; T2 e/ou 4; L3 e/ou e/ou 6.

Contatos auxiliares - São identificados por números de dois dígitos, sendo que o primeiro dígito indica a posição ocupada pelo contato a partir da esquerda, e o segundo indica a função do contato.

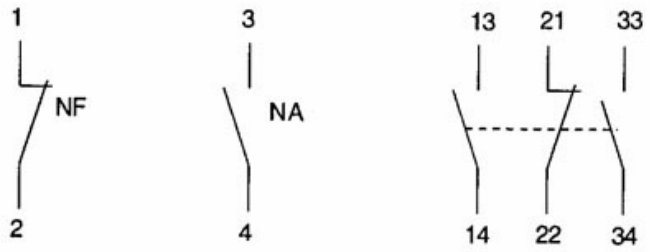


Fig. 4.8

Intertravamento de contatores

É um sistema elétrico ou mecânico destinado a evitar que dois ou mais contatores se fechem, acidentalmente, ao mesmo tempo, provocando curto-circuito ou mudança da seqüéncia de funcionamento de um determinado circuito.

Intertravamento elétrico

Por contatos auxiliares do contator - Neste processo é inserido um contato auxiabridor de um contator no circuito de comando, que alimenta a bobina do outro contator. Deste modo, faz-se com que o funcionamento de um dependa do outro. (Fig.4.9)

Por botões conjugados - Neste processo, os botões são inseridos no circuito de comando, de forma que, ao ser acionado para comandar um contator, haja a interrupção do outro (botão b1, fechador de c1, conjugado com b1, abridor de c2 b2, fechador de c2, conjugado com b2, abridor de c1). (Fig.4.9)

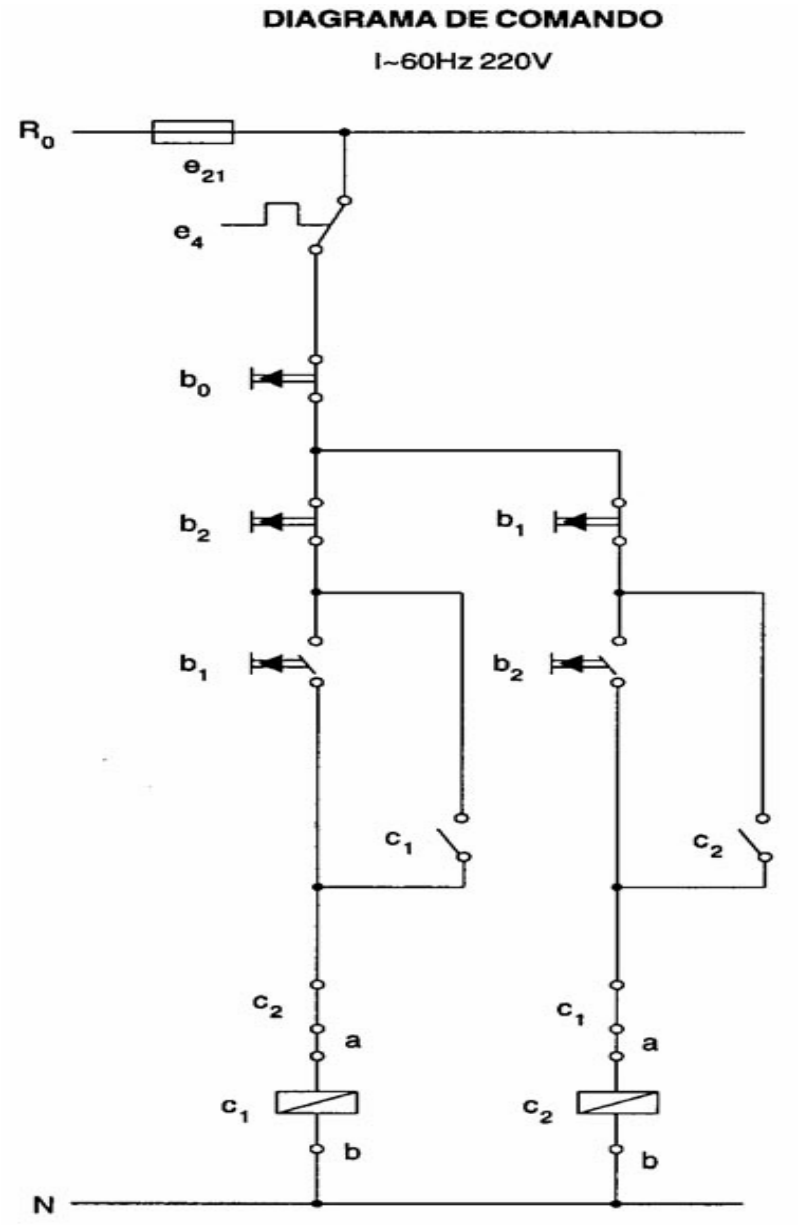
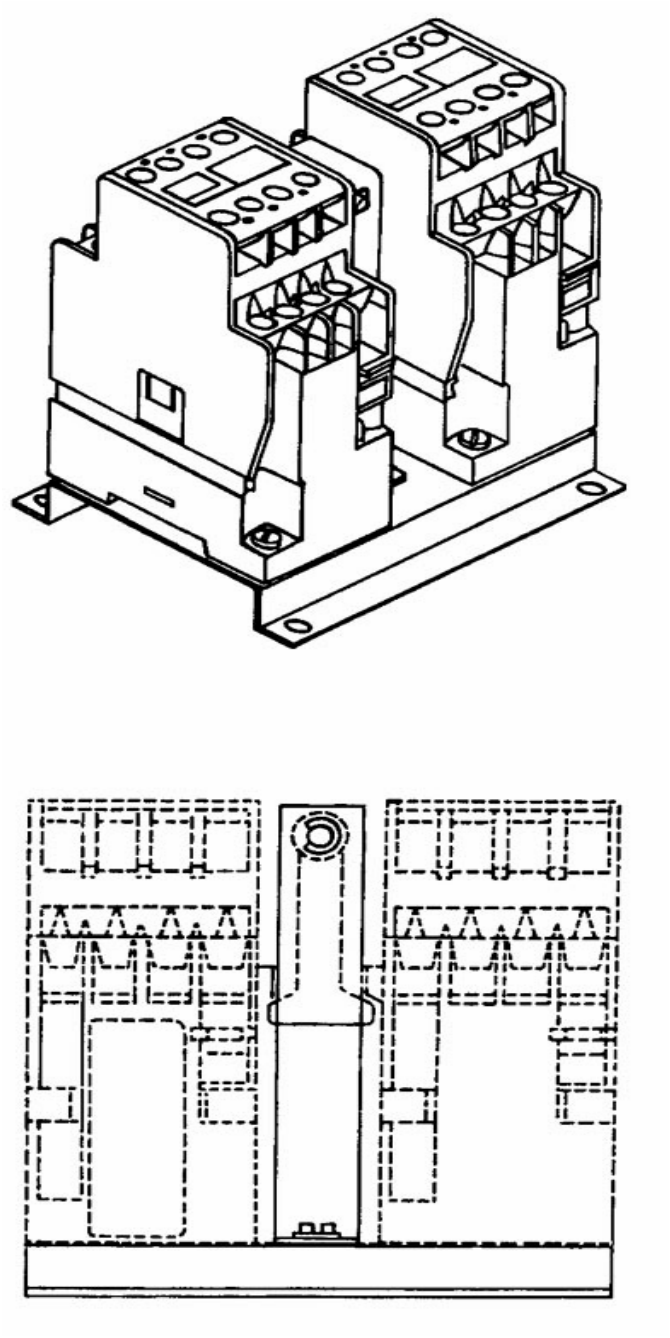


Fig. 4.9

Intertravamento mecânico

Sistema mecânico de bloqueio que fica incorporado aos elementos de junção dos contatores, mantendo o sistema acoplado. Quando usamos este recurso, os contatores são montados lado a lado, formando um conjunto compacto, como se fosse uma única peça. (Fig. 4.10)



Relés de proteção

dispositivos de proteção cujos contatos auxiliares comandam, de acordo com a variação de certas grandezas (corrente, tensão), outros dispositivos de um comando elétrico.

Os relés de proteção são integrantes de um disjuntor industrial.

Relés térmicos de sobrecarga

Dispositivos que atuam pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica, protegendo componentes de uma instalação quando as sobrecorrentes que ocorrem durante o seu funcionamento permanecem por tempo excessivo, ou quando tais componentes de sobrecarga aquecem as bobinas dos motores e os cabos a níveis inadmissíveis,
reduzindo a vida útil de sua isolação. (Fig. 5.1)

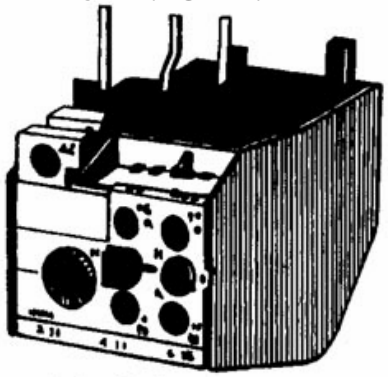


Fig. 5.1

Simbologia

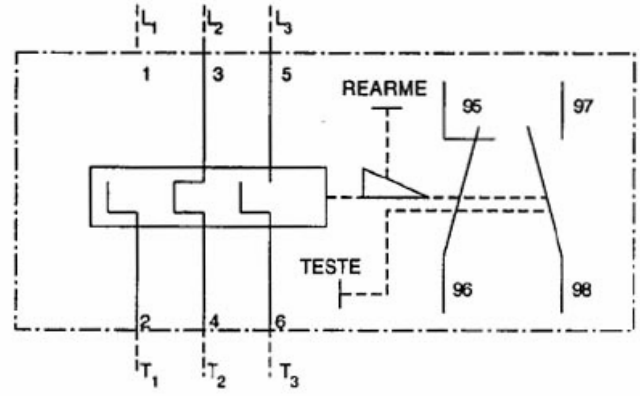


Fig. 5.2

Princípio construtivo de um relé de sobrecarga

Um relé de sobrecarga tem os seguintes componentes. (Fig. 5.3)
PRINCÍPIO CONSTRUTIVO DE UM RELÉ DE SOBRECARGA BIMETALICO

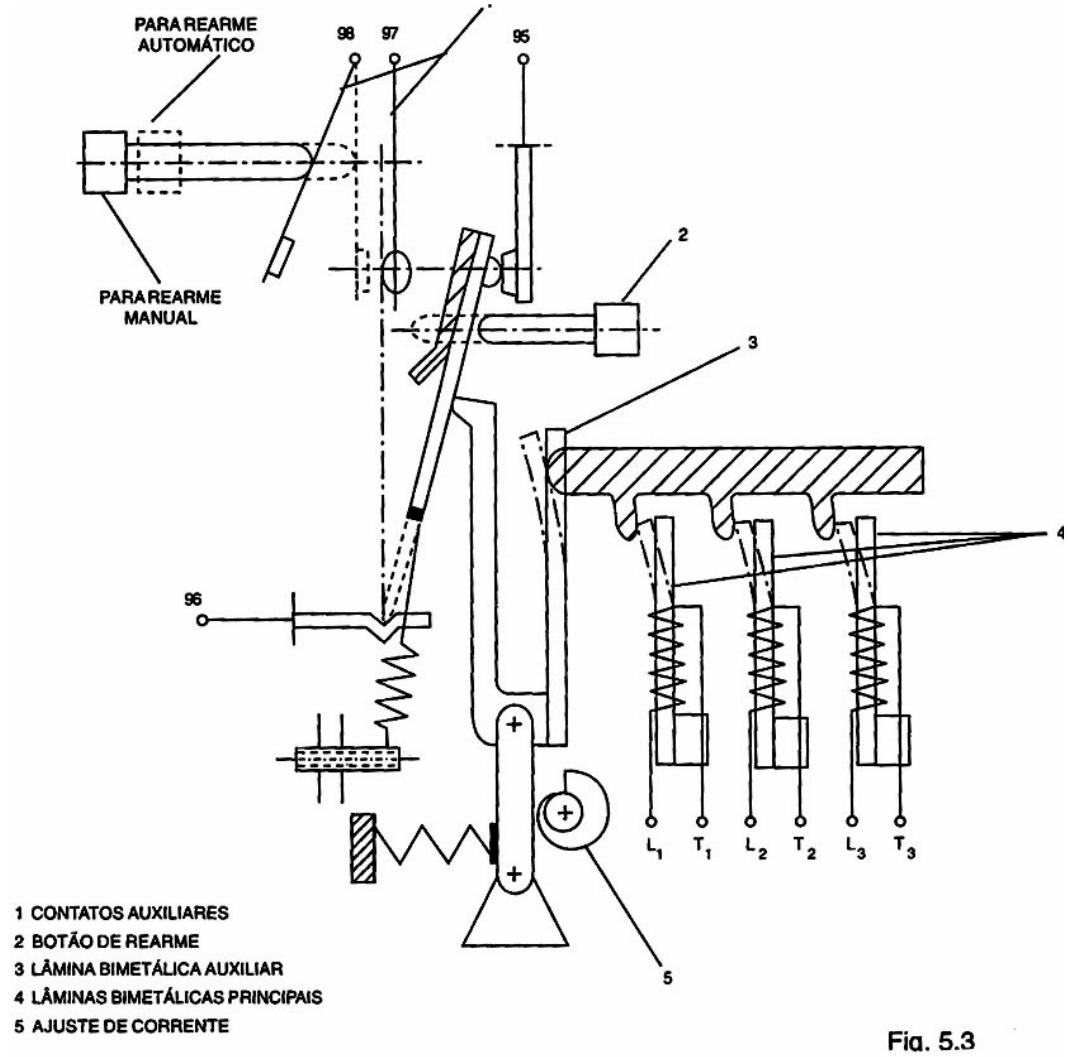


Fig. 5.3

Contatos auxiliares - São parte do dispositivo que interrompe o circuito elétrico em caso de sobrecarga, podendo retornar à posição inicial automaticamente ou manualmente.

Botão de rearme - É o elemento cuja função é armar o(s) contato(s) auxiliar(s) do relé de sobrecarga.

Lâmina bimetálica auxiliar - Elemento cuja função é fazer a compensação do ajuste, de acordo com a variação da temperatura ambiente.

Lâminas bimetálicas principais - Acionam um dispositivo mecânico quando sofrem dilatação e consequente deflexão, devido à elevação da corrente elétrica e da temperatura das lâminas, comutando os contatos móveis do relé.

Mecanismo de regulagem (ajuste de corrente) - É o elemento através do qual se faz a regulagem da corrente máxima solicitada pela carga que poderá circular no circuito. (Fig. 5.4)

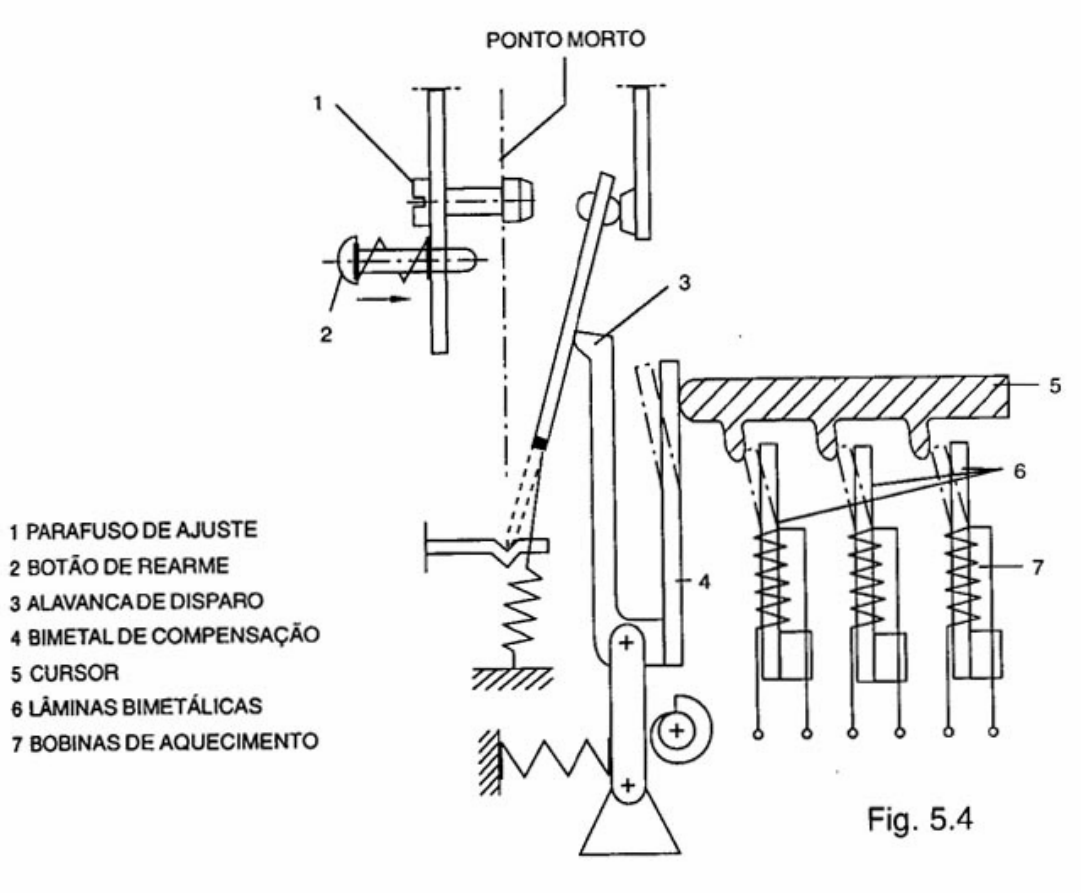


Fig. 5.4

Funcionamento

Os relés de sobrecarga foram desenvolvidos para operar baseados no princípio de pares termoelétricos. O princípio de operação do relé está fundamentado nas diferentes dilatações que apresentam os metais, quando submetidos a uma variação de temperatura. Duas ou mais lâminas de metais diferentes (normalmente ferro e níquel) são ligadas por soldas, sob pressão ou eletroliticamente. Quando aquecidas elas se dilatam diferentemente e se curvam. Esta mudança de posição é usada para comutação de um contato. Durante o esfriamento, as lâminas voltam à posição inicial.

O relé está, então, novamente pronto para operar, desde que não exista no conjunto um dispositivo mecânico de bloqueio. O relé permite que o seu ponto de atuação, ou seja, o alongamento ou a curvatura das lâminas, para o qual ocorre o desligamento, possa ser ajustado com o auxílio de um dial. Isto possibilita ajustar o valor de corrente que promoverá a atuação do relé.

Deve-se calibrar a corrente de ajuste do relé em função da corrente nominal do componente a ser protegido (por exemplo, um motor). (Fig. 5.5)

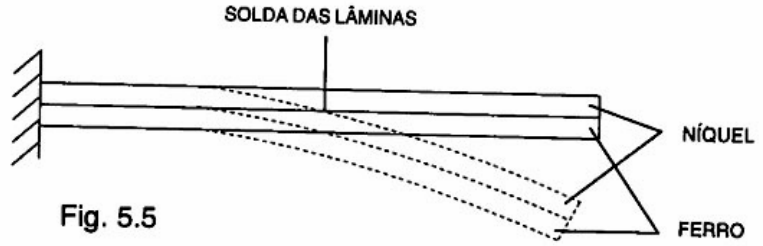
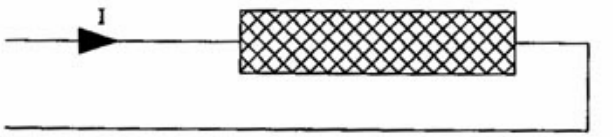


Fig. 5.5

Ação da corrente nas lâminas

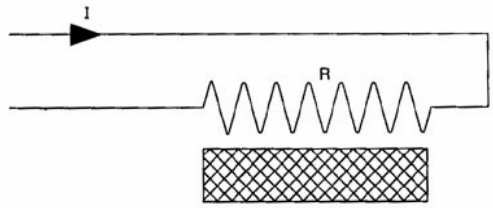
As lâminas do relé de sobrecarga bimetálico podem ser aquecidas de diversas formas pela corrente.

Aquecimento direto - As lâminas estão no circuito principal e são percorridas pela corrente total ou parte dela. O aquecimento, neste caso, é função da intensidade de corrente e da resistência das lâminas. (Fig. 5.6)



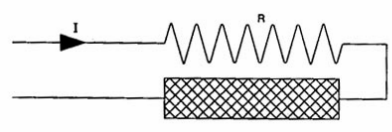
AQUECIMENTO DIRETO Fig. 5.6

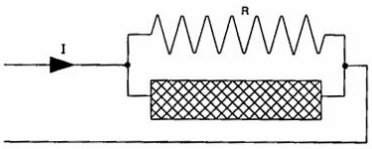
Aquecimento indireto - Neste caso, as lâminas ou são envolvidas ou recebem calor de um elemento resistivo. (Fig. 5.7)



AQUECIMENTO INDIRETO Fig. 5.7

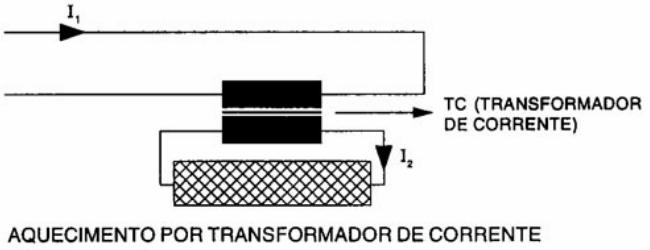
Aquecimento semidireto - As lâminas são aquecidas pela passagem de corrente e, adicionalmente, por um elemento resistivo. O elemento resistivo pode ser ligado em série ou paralelo com as lâminas. Este tipo de relé é usado para pequenas correntes de atuação visando à dilatação necessária. (Fig.5.8)





Relés de sobrecarga com operação por transformadores de corrente - Neste caso, podem ser usados dois tipos de transformadores de correntes:

1- transformadores de corrente, que operam línearmente até aproximadamente dez vezes a corrente nominal primária;
2- transformadores de corrente saturados, que não operam linearmente em múltiplo de corrente (faixa de saturação), mas sim em sobrecorrente de sobrecarga a partir de corrente nominal. (Fig.5.9)



AQUECIMENTO POR TRANSFORMADOR DE CORRENTE

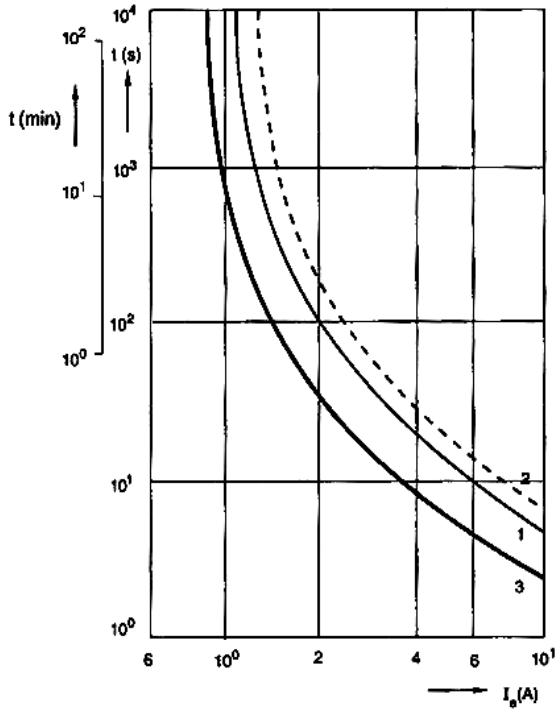
Fig. 5.9

Características de disparo

A característica de disparo do relé de sobrecarga indica os vários tempos de atuação em função de múltiplos ajustes (Ie) (Gráf. 4)

As características de disparo são definidas sob a forma de curvas, fornecidas pelo fabricante com a indicação do tempo de disparo, a partir do estado frio da corrente, até um valor de, ao menos, oito vezes a corrente de plena carga do motor com o qual é previsto que o relé vai ser usado. O fabricante deve indicar, por meios adequados, as toleráncias aplicáveis a tais curvas.

1 CARGA TRIPOLAR EQUILIBRADA
2 CARGA BIPOLAR, RELÉ SEM PROTEÇÃO CONTRA FALTA DE FASE
3 CARGA BIPOLAR, RELÉ COM PROTEÇÃO CONTRA FALTA DE FASE
I_e CORRENTE DE AJUSTE DO RELÉ DE SOBRECARGA



Gráf. 4

Condições de serviço

Influência da temperatura ambiente - As características de disparo correspondem a um valor determinado da temperatura ambiente e são baseadas na ausência de carga prévia do relé de sobrecarga (ou seja, estado frio). Este valor de temperatura ambiente deve ser claramente indicado nas curvas de disparo; os valores usuais são de + 20℃' ou + 40℃

Compensação de temperatura - Os relés de sobrecarga térmicos têm compensação de temperatura ambiente, que é obtida conforme a seguinte descrição: com uma temperatura ambiente de + 30℃ as lâminas bimetálicas principais se dilatarão, curvarão e terão deslocado, pelo cursor, uma parte do percurso, o que, para um determinado valor de corrente, resultaria em um tempo de disparo menor; para que isto seja evitado, o cursor atua sobre a lâmina bimetálica auxiliar; esta lâmina não é, contudo, percorrida pela corrente, sendo aquecida somente pela temperatura ambiente, e se curvará na proporção das lâminas principais; desta forma, as lâminas aquecidas pela corrente determinarão um mesmo tempo de disparo para qualquer temperatura ambiente. Este tipo de compensação de temperatura atua satisfatoriamente na faixa de+ 20℃ a + 50℃.

Proteção contra religamento involuntário - Após um disparo por sobrecarga, as lâminas bimetálicas necessitam resfriar-se e retornar à sua posição inicial até que o relé esteja novamente em condições de serviço. Assim, o intervalo de repouso necessário ao motor fica obrigatoriamente assegurado.

Relés de sobrecarga em rearme automático são utilizados com contatores comandados por botão de impulso. Após o tempo de resfriamento, o contato auxiliar do relé retorna á sua posição inicial, não ativando o circuito de comando.

Relés de sobrecarga em rearme manual são utilizados em contatores comandados por chave de posição fixa. O contato auxiliar do relé permanece aberto após o tempo de resfriamento, impedindo ativar-se o circuito de comando.

Proteção contra falta de fase - A curva característica de disparo de um relé de sobrecarga trifásico é dada na condição de que todas as três lâminas são percorridas por correntes equilibradas. No caso de falta de fase, apenas duas lâminas são aquecidas e devem produzir, sozinhas, o deslocamento/força necessária para atuação do mecanismo de disparo. (Fig. 5.10)

Relés de sobrecarga trifásicos, com proteção contra falta de fase, oferecem a vantagem de atuação mais rápida quando sob carga bifásica, ou seja, falta de uma fase.

Causas de sobrecargas em motores

- Conjugado resistente muito alto em regime contínuo.
- Fator de marcha muito alto em regime não-contínuo.
- Tempos de partida e de frenagem muito longos.
- Bloqueio do rotor.
- Desvios excessivos da tensão e da freqüência da rede e Interrupção de um condutor de alimentação (falta de fase).

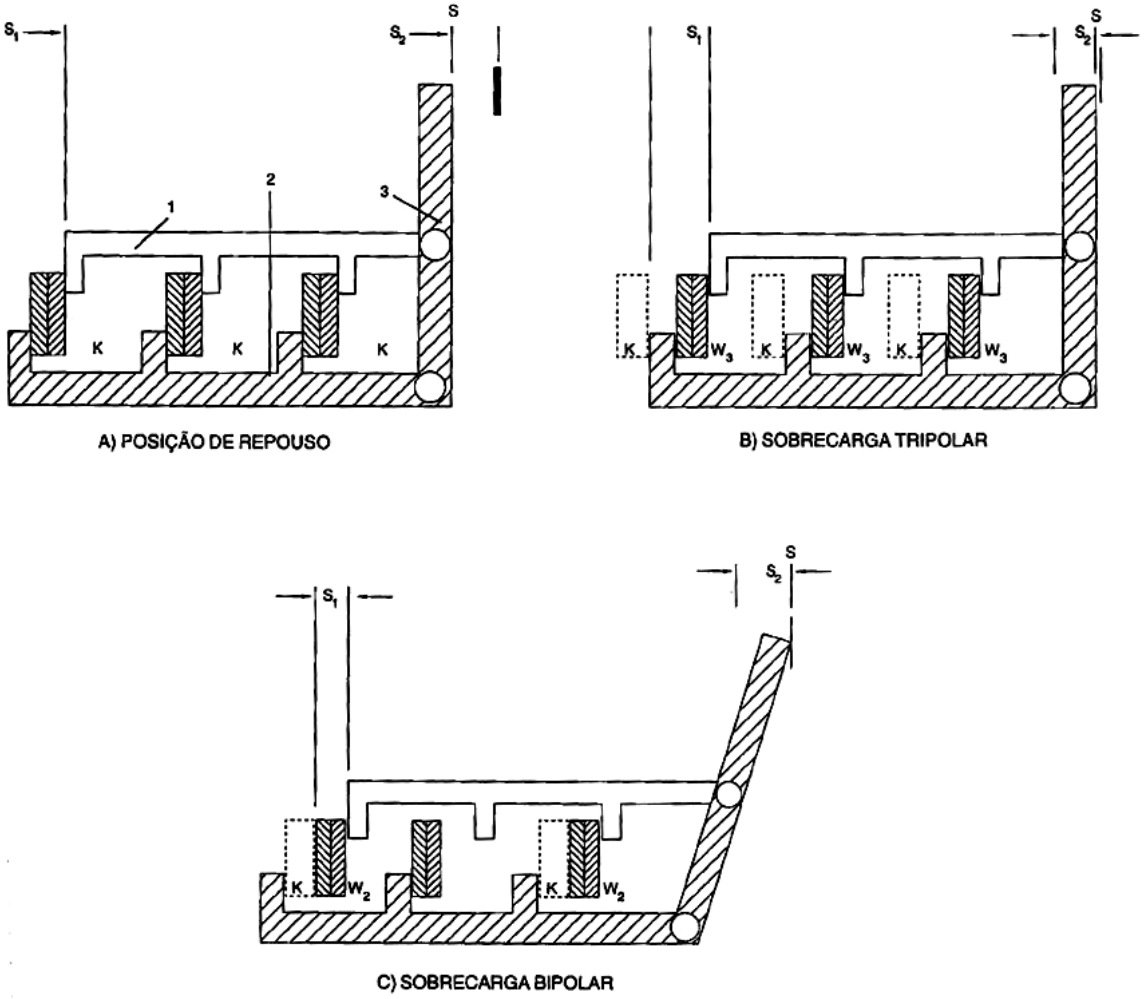


Fig. 5.10

Tipos de relés de sobrecarga

As condições de serviço de um relé de sobrecarga e o tipo de ação da corrente nas lâminas bimetálicas, vistas anteriormente, são características que determinam o tipo de relé.

De acordo com esse critério, os relés se dividem em:

- relé direto;
- relé indireto;
- relé com retenção;
- relé sem retenção;
- relé compensado;
- relé diferencial ou falta de fase.

Relé direto - Quando aquecido pela passagem da corrente pelo próprio bimetal.

Relé indireto - Quando o aquecimento do bimetal é feito por um elemento resistor, que transmite o calor para o bimetal.

Relé com retenção - Apresenta dispositivos que travam as lâminas bimetálicas na posição desligada, após sua atuação. Para recolocá-las em funcionamento, é necessário soltar manualmente a trava, pulsando o botão de reset após ter verificado a causa do desarme do relé.

Relé sem retenção - O relé sem retenção volta à condição de funcionamento após o esfriamento das lâminas.

Relé compensado - Tem um elemento bimetálico auxiliar que compensa as variações da temperatura ambiente.

Relé diferencial ou falta de fase - Dispara com maior rapidez que o normal, quando há falta de uma fase ou sobrecarga em uma delas.

Relés eletromagnéticos São dispositivos de proteção cujo princípio de funcionamento está fundamentado em um eletroimã, que atua movimentando sua parte móvel a partir de um determinado fluxo magnético. (Fig. 5.11)

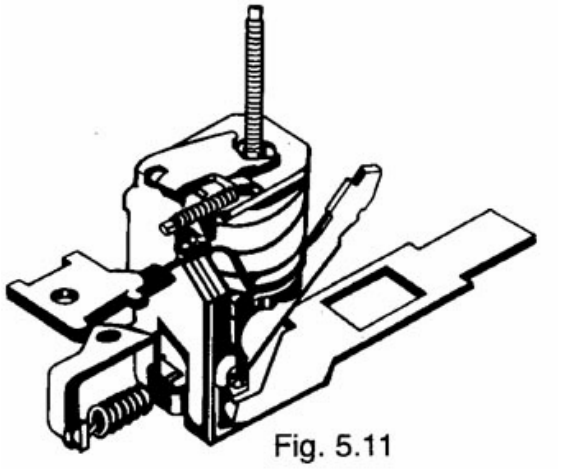
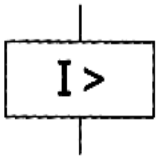


Fig. 5.11

Simbologia



ELEMENTO DE COMANDO DO RELÉ DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGA ELE-TROMAGNÉTICA

ELEMENTO DE COMANDO DO RELÉ DE PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO

ELEMENTO DE COMANDO DO RELÉ DE PROTEÇÃO CONTRA SUBTENSÃO

Tipos de relés eletromagnéticos

Os relés eletromagnéticos mais comuns são:

- relé de subtensão;
- relé de sobrecorrente.

Relé de subtensão - O relé de subtensão recebe regulagem para uma tensão mínima (aproximadamente 20% menor que a tensão nominal do dispositivo a ser protegido). Se esta baixar a um valor prejudicial, o relé atua interrompendo o circuito de comando das chaves principais e, conseqüentemente, abrindo seus contatos principais.

Estes relés são aplicados, principalmente, em contatores e disjuntores. (Fig. 5.13)

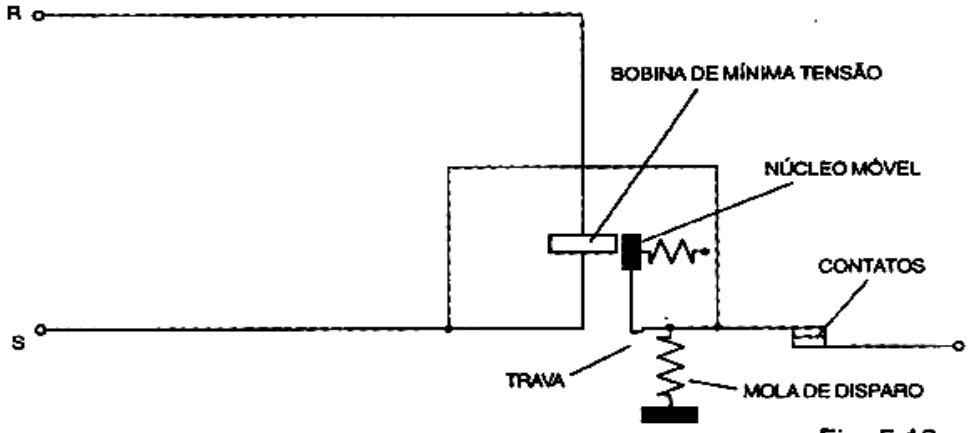


Fig. 5.13

Relé sobrecorrente - Quando um relé for regulado para proteger um circuito contra excesso de corrente, ele abrirá o circuito principal indiretamente assim que ela atingir o limite estabelecido pela regulagem.

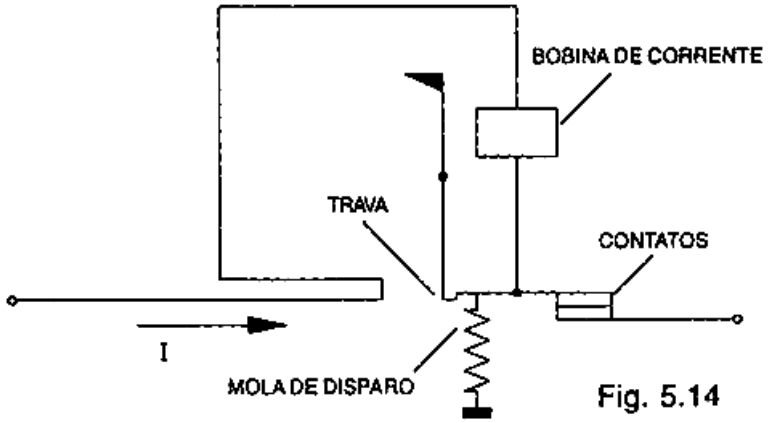


Fig. 5.14

Funcionamento

Circulando pela bobina uma corrente elevada, o núcleo atrai o fecho, o qual provoca a abertura do contato abridor, interrompendo o circuito de comando. (Fig. 5.15)

Regulagem - Girando-se o botão de regulagem no sentido da seta (Fig. 5.15), distancia-se cada vez mais o fecho do núcleo.
Para que o núcleo atraia o fecho, é necessária uma grande imantação. Portanto, será preciso que a bobina seja percorrida por uma elevada corrente.

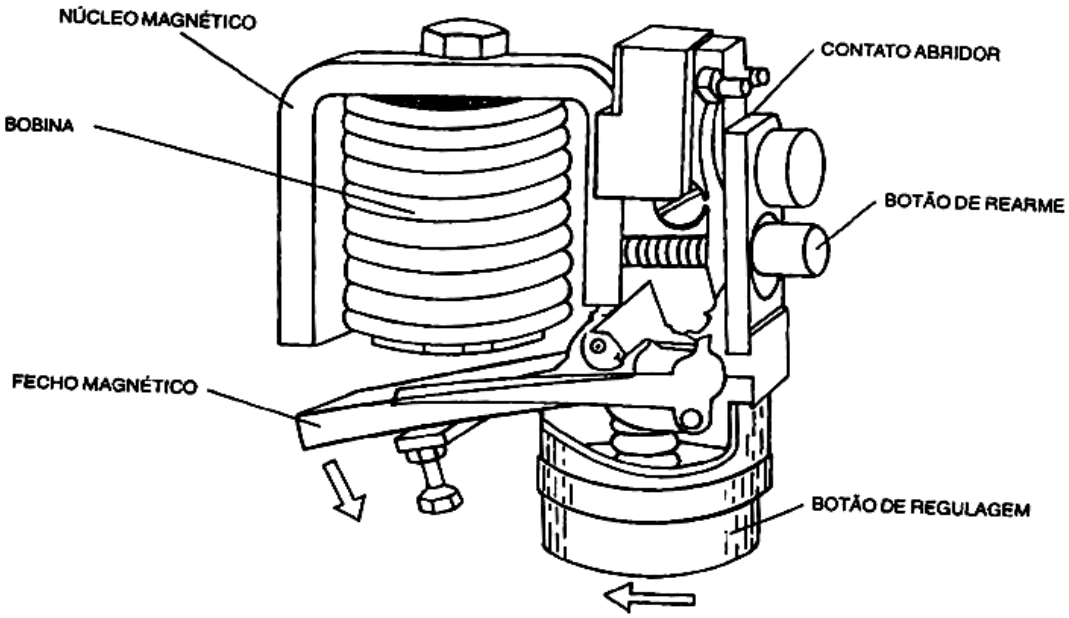


Fig. 5.15

DISJUNTOR INDUSTRIAL

Disjuntor industrial é um dispositivo de manobra mecânico, utilizado para estabelecer, conduzir e interromper correntes sob condições normais do circuito, e interromper correntes sob condições anormais do circuito, como: curto-circuito, sobrecarga ou subtensão. (Fig. 6.1)
E, normalmente, usado para comandar motores trifásicos

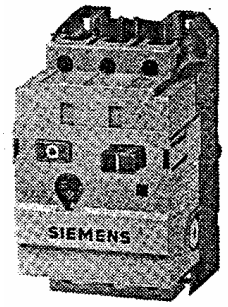


Fig. 6.1

.

Simbologia

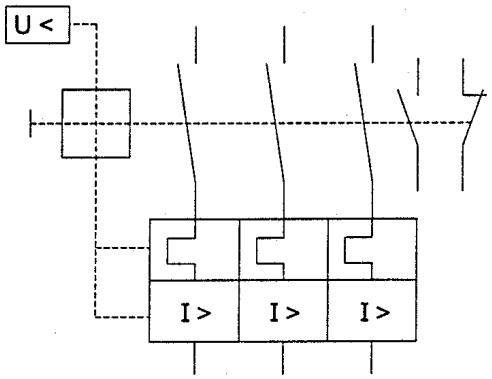


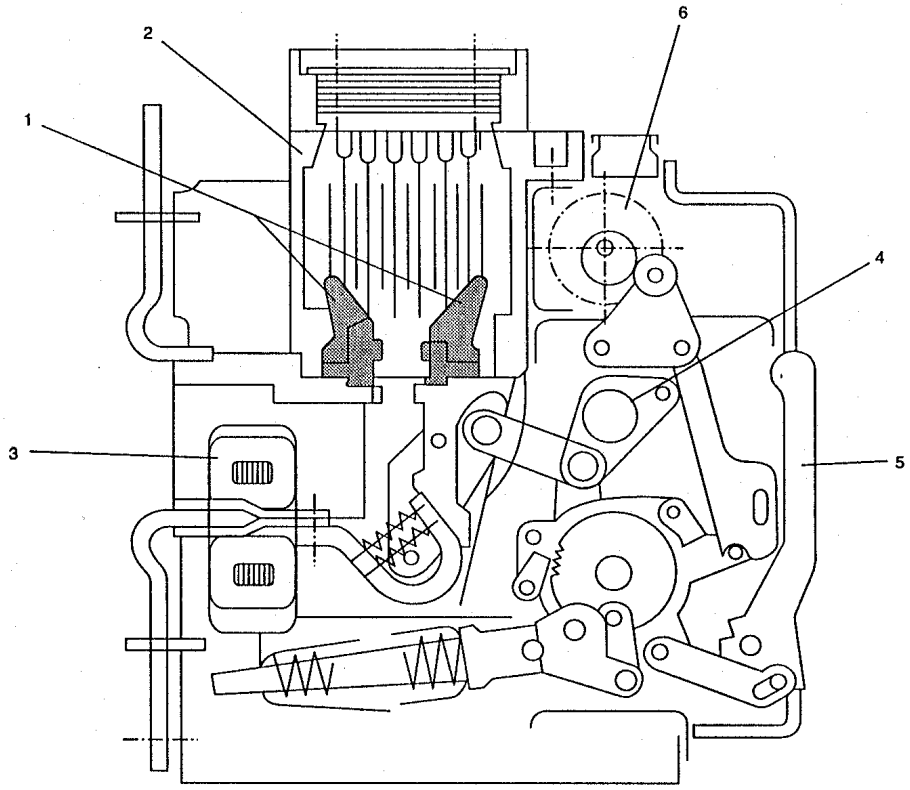
Fig. 6.2

Constituição

O disjuntor industrial é composto, basicamente, de:

- contatos principais;
- câmara de extinção do arco;
- transformador de corrente dos relés de proteção;
- mecanismo de acionamento;
- manopla de acionamento.

DISJUNTOR 3WN



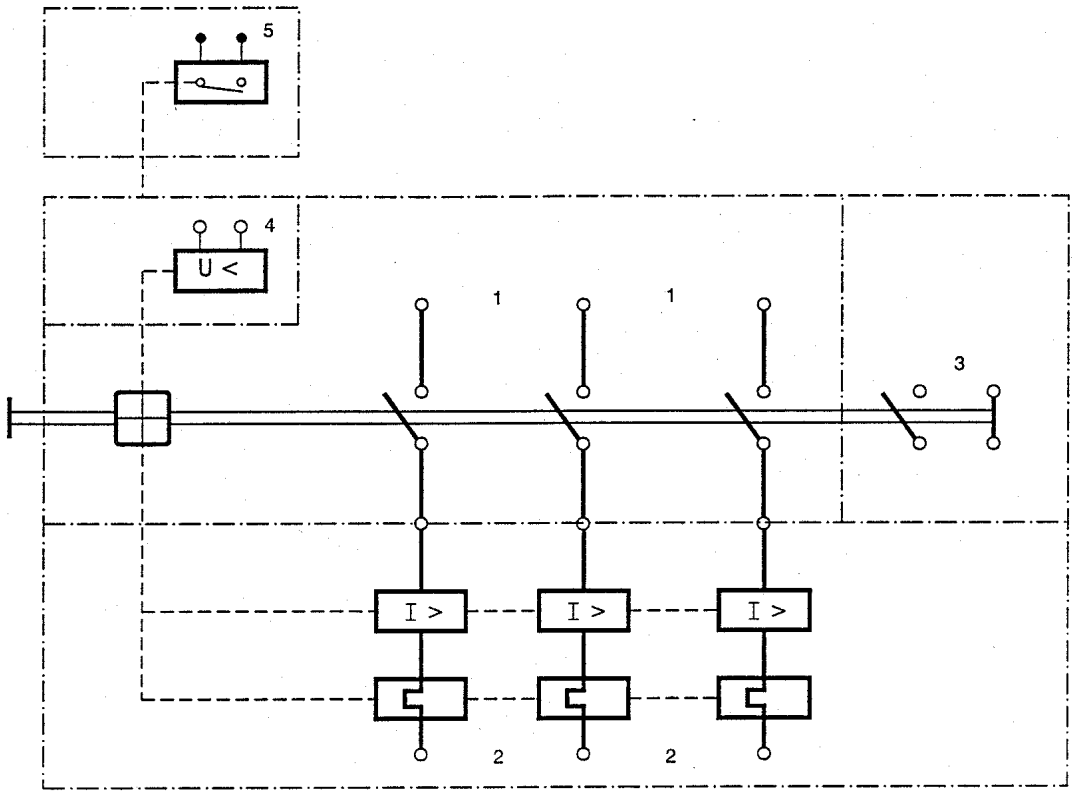
1 CONTATOS PRINCIPAIS
2 CÂMARA DE FAÍSCA
3 TRANSFORMADOR DE CORRENTE DOS RELÉS DE PROTEÇÃO
4 MECANISMO DE ACIONAMENTO
5 MANOPLA DE ACIONAMENTO

Fig. 6.3

Também podem fazer parte deste dispositivo: relés de sobrecarga, de curto-circuito, subtensão e desligamento à distância.

Estes relés estão representados no diagrama a seguir, para melhor entendimento

ESQUEMA BÁSICO DE UM DISJUNTOR



1 CONTATOS PRINCIPAIS
2 RELÉS DE SOBRECORRENTE DE SOBRECARGA E CURTO-CIRCUITO
3 CONTATOS AUXILIARES
4 RELÉ DE SUBTENSÃO
5 RELÉ DE DESLIGAMENTO À DISTÂNCIA

Fig. 6.4

Funcionamento

Os disjuntores industriais são dispositivos que associam as características dos relés térmicos e eletromagnéticos, surgindo então, por esta combinação, um sistema de proteção contra subtensão, curto-circuito e sobrecarga.

Como já conhecemos o principio de funcionamento de cada elemento que compõe este sistema de proteção, basta salientar que, quando associados, deverão ser regulados de acordo com a característica de funcionamento de cada um.

A tabela a seguir mostra a relação entre os tipos de disparadores existentes no disjuntor e suas funções. No caso de carga motora, os disparadores de sobrecarga são ajustáveis, e o de sobrecorrente, instantâneo.

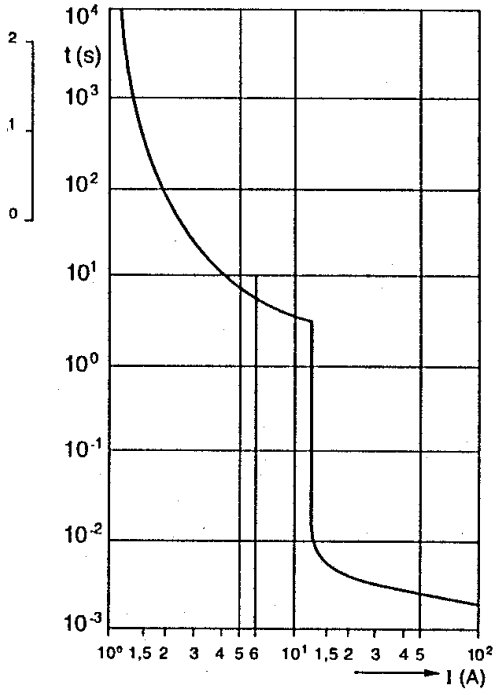
Disparadores

Disparador	Aplicação
Disparador de sobrecorrente, de sobrecarga de curto-circuito	Proteção contra sobrecarga
Temporizado	Proteção seletiva contra curto-circuito
Instantâneo	Proteção contra curto-circuito
Disparador de subtensão	Proteção contra subtensão
Disparador à distância	Desligamento à distância

Execução dos disparadores

Disjuntor para manobra de circuitos de potência e carga motora	Disparadores sobrecarga	Disparadores de sobre-corrente para proteção de curto-circuito
	Com ou sem ajuste	Instantâneo e/ou com pequena temporização, com ou sem ajuste
	Ajustável	Instantâneo

O gráfico 5 ilustra a curva característica tempo-corrente de um disjuntor para proteção de motores com disparadores de sobrecarga e de curto-circuito.



DISJUNTOR PARA PROTEÇÃO DE MOTORES COM DISPARADORES DE SOBRECARGA E DE CURTO-CIRCUITO

Gráf. 5

Características elétricas do disjuntor industrial

As principais características elétricas do disjuntor industrial, e que devem ser observadas pelo técnico tanto na instalação como na substituição, são:

- tensão nominal;
- corrente nominal;
- freqüência.

As características acima citadas são fornecidas, pelo fabricante, em manuais técnicos ou no elo de identificação do dispositivo.

SELETIVIDADE

Seletividade é a operação conjunta de dispositivos de proteção, que atuam sobre os de manobra ligados em série para a interrupção escalonada de correntes anormais.

Em caso de curto-circuito, os dispositivos de proteção por sobrecorrente devem rapidamente, interromper a alimentação apenas do ponto onde ocorreu a anormalidade, não perturbando desnecessariamente a alimentação dos demais consumidores.

Seletividade nos circuitos de baixa tensão no sentido da alimentação para a carga. Eles podem estar dispostos em série:

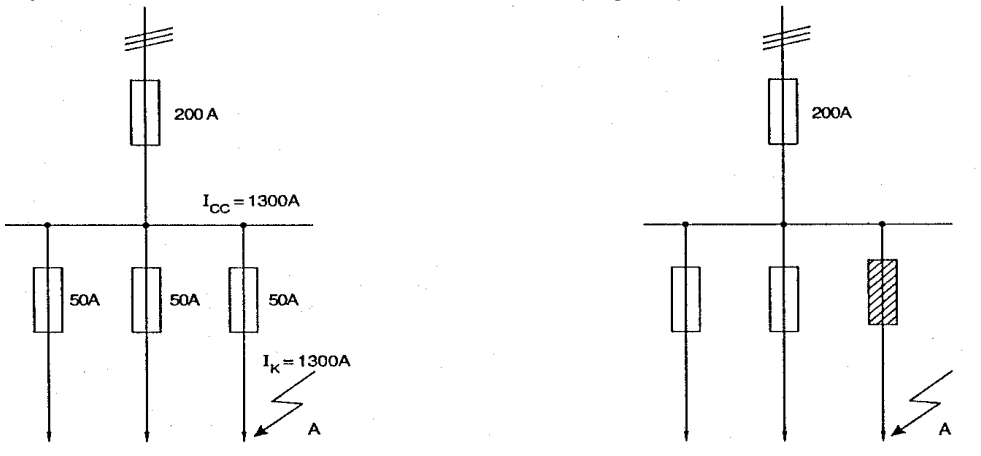
- fusível do alimentador com fusíveis dos ramais;
- disjuntor com disjuntor;
- relés de um disjuntor com fusível;
- fusível com relés de um disjuntor.

Quando nos referimos ao disjuntor, subentendem-se dois dispositivos de proteção:
- relé térmico;
- relé eletromagnético.

Seletividade entre fusíveis em série

Os cabos de alimentação e os circuitos de saída derivados de um barramento conduzem diferentes correntes de serviço e têm, por isso, seções distintas. Por conseguinte, são protegidos por fusíveis de diferentes correntes nominais.

Perante um curto-circuito, os fusíveis são percorridos pela mesma corrente de curto-circuito. Em princípio, fusíveis instalados em série são seletivos quando suas curvas características de fusão - mais suas faixas de dispersão - não se interceptam e mantêm escalonamento entre si. (Fig.7.1)



ESQUEMA UNIFILAR

SECIONAMENTO SELETIVO DO PONTO DE FALTA A

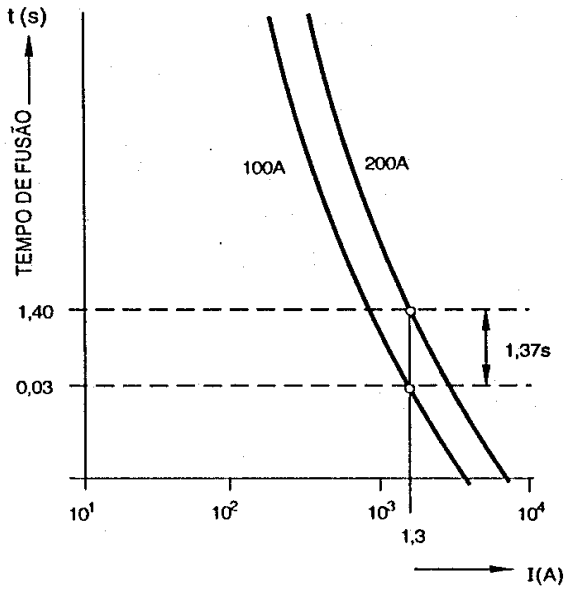


Fig. 7.1

Exemplo

Uma corrente de 1 300A interromperá o fusível de 10CA em 0,03 segundos e, para interromper o fusível de 200A, serão necessários 1,4 segundos, o que garantirá nesse caso a seletividade do circuito.

Seletividade entre disjuntores em série

A seletividade entre disjuntores em série só é possível quando as correntes de curto-circuito, no ponto de instalação de cada um dos disjuntores, varia suficientemente.

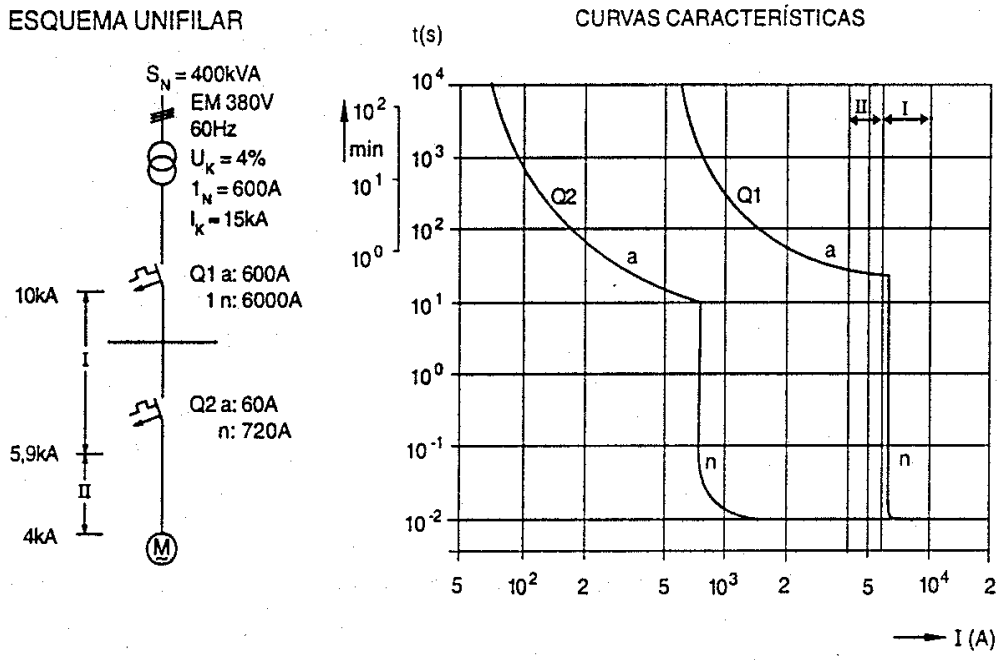
Observando o circuito no sentido gerador para consumidor, a corrente de operação do primeiro disjuntor deve ser ajustada para um valor superior ao máximo valor de curto-circuito admissível no ponto do disjuntor subseqüente, o qual deverá atuar em caso de defeito.

Se a variação das correntes de curto-circuito, nos diferentes pontos de instalação dos disjuntores, é pequena (insignificante) a seletividade é obtida através de um retardo no tempo de atuação do relé eletromagnético de ação rápida do disjuntor antecedente.

O tempo de desligamento do relé do disjuntor antecedente é retardado a ponto de termos a garantia de que o disjuntor mais próximo do consumidor irá atuar

Um escalonamento entre dispositivos de proteção dos disjuntores da ordem de 0,07 a 0,15 segundos é suficiente para torná-los seletivos.

Além disto, a corrente de operação do relé eletromagnético de ação rápida deve ser ajustada a, pelo menos, 1,25 vezes o valor de desligamento do disjuntor subseqüente. (Fig. 7.2)



Q1 DISJUNTOR DE PROTEÇÃO DO TRANSFORMADOR

Q2 DISJUNTOR DE PROTEÇÃO DO MOTOR

a DISPARADOR DE SOBRECARGA

n DISPARADOR DE CURTO-CIRCUITO

Fig. 7.2

Seletividade entre fusíveis e relés de um disjuntor

Seletividade entre fusíveis e relé térmico

Na faixa de sobrecarga, existe seletividade se a curva característica do relé térmico, dentro de uma faixa de tempo, não intercepta a curva característica dos fusíveis. (Fig. 7.3)

D DISJUNTOR

F FUSÍVEL

a DISPARADOR DE SOBRECARGA

n DISPARADOR DE CURTO-CIRCUITO

t_A INTERVALO DE SEGURANÇA

I_{An} CORRENTE DE OPERAÇÃO DO DISPARADOR n

SELETIVIDADE ENTRE FUSÍVEIS E DISJUNTOR SUBSEQÜENTE NA FAIXA DE SOBRECARGA.

AS CARACTERÍSTICAS NÃO SE INTERCEPTAM.

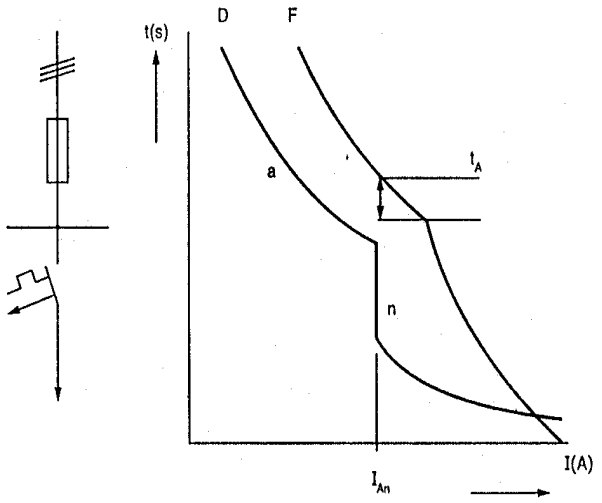


Fig. 7.3

Seletividade entre fusíveis e relé eletromagnético

Em caso de curto-circuito, deve-se considerar que o fusível continua sendo aquecido pela corrente durante todo o tempo de arco do disjuntor. E necessário que a curva característica do fusível esteja, no mínimo, 0,07 segundos acima da curva de desligamento do relé de curto-circuito. (Fig. 7.4)

t_a TEMPO DE ABERTURA DO DISJUNTOR

t_g TEMPO DE INTERRUPÇÃO DO DISJUNTOR

SELETIVIDADE ENTRE FUSÍVEIS E DISJUNTOR SUBSEQÜENTE, NA FAIXA DE CURTO-CIRCUITO. AS CARACTERÍSTICAS NÃO SE INTERCEPTAM.

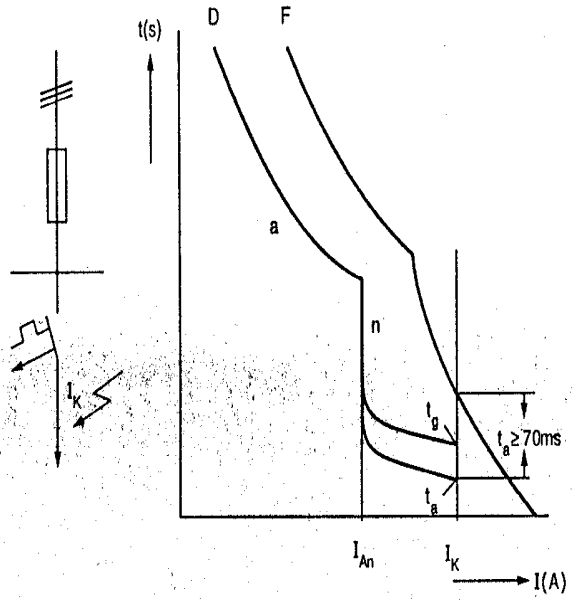


Fig. 7.4

SINALIZAÇÃO

sinalização é uma forma visual ou sonora de indicar determinada operação em um circuito, máquina ou conjunto de máquinas.

A sinalização pode ser feita por buzinas, campainhas, sinaleiros luminosos ou sinalizadores audiovisuais.

Símbolos

Dispositivo de sinalização	Símbolo
Buzina	h
Campainha	h
Sirene	h
Cigarra	h
Lâmpada sinalizadora	h

Sinaleiros luminosos
São sinaleiros usados para indicar as condições de operação de um circuito por meio de um visor com cores padronizadas. (Fig. 8.1)

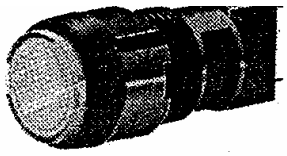


Fig. 8.1

Constituição
São constituídos de um elemento frontal de sinalização e um elemento soquete.

Elemento frontal de sinalização - Tem um visor com cores estabelecidas por normas (Fig. 8.2) para as principais aplicações, conforme a tabela a seguir

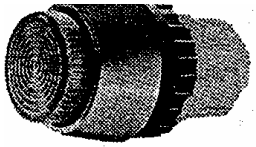


Fig. 8.2

Cor	Ordem de comando	Parar, desligar
Vermelho	Parar, desligar. Desligar - emergência.	Parada de um ou mais motores. Parada de unidades de máquinas. Parada do ciclo de operação. Parada em caso de perigo. Desligar em caso de aquecimento perigoso.
Verde ou preto	Partida, ligado, toques.	Colocar circuitos de comando sob tensão. Dar partida a um ou mais motores para funções auxiliares. Dar partida a unidades da máquina. Acionar dispositivos de retenção magnéticos. Operação por toques.
Amarelo	Partida de retrocesso fora das condições normais de operação. Partida de um movimento para evitar condições de perigo.	Retrocesso de elementos da máquina para o ponto de partida do ciclo, caso este não tenha sido completado. O acionamento do botão amarelo pode desligar outras funções previamente programadas.
Branco ou azul claro	Qualquer função para a qual as cores mencionadas acima não têm validade.	Comando de funções auxiliares, que não tenham correlação com o ciclo de operação. Destravamento de relés de proteção.

Em alguns casos usa-se um tipo de sinaleiro com visor translúcido, que possibilita a inserção de dizeres, números ou símbolos em suas lentes.

A lente do sinalizador deve propiciar bom brilho e apresentar-se completamente opaca em relação à luz ambiente, quando a luz está apagada.

Especificação - É feito de acordo com o modelo (que determina suas dimensões, cores etc.), diâmetro da furação e fixação ao painel, normalmente, por meio de um anel rosqueável.

Elemento soquete - Acoplável aos elementos frontais de comando. São projetados para permitir a utilização das lâmpadas incandescentes - soquetes E-14 e BA9S. O elemento soquete pode ser acoplado a um transformador, resistor, conversor ou pisca-pisca, de acordo com as características elétricas da lâmpada usada e do tipo de sinalização. (Fig. 8.3)

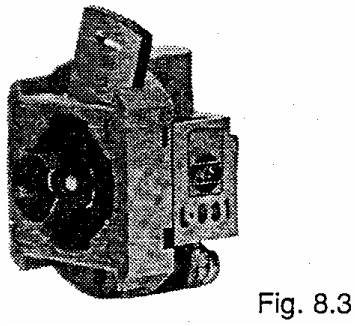


Fig. 8.3

Especificação - É feito de acordo com o tipo de lâmpada a ser usada, tensão, potência e temperatura.

Exemplo

- Soquete 6A95 - Carga admissível

6 - 380 V/2W (T= 85^0C) ou 1W (T = 100^0C)

- Soquete E-14 - Carga admissível

6 - 380V (T = 85^0C)

RELÉS DE TEMPO

Os relés de tempo são dispositivos empregados em todos os processos de temporização de manobras, em circuitos auxiliares de comando, regulação, proteção etc., dentro do limite de suas características elétricas.

Tipos de relés de tempo quanto à ação dos contatos

Instantâneo à energizaçâo

Alimentando-se o dispositivo (terminais a - b da figura 9.5), a contagem do tempo é iniciada e, simultaneamente, os contatos são ativados. Transcorrido o tempo programado, os contatos são desativados. Interrompendo-se a alimentação durante a contagem do tempo, o mesmo é anulado e os contatos são igualmente desativados. (Fig. 9.1)

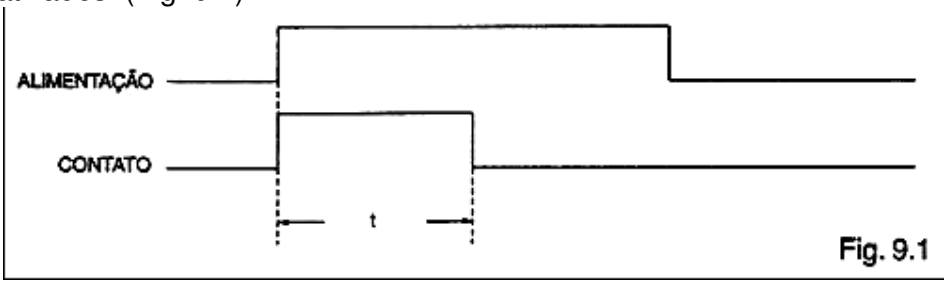


Fig. 9.1

Com retardo à energização

Alimentando-se o dispositivo (terminais a - b da figura 9.5), inicia-se a contagem do tempo. Transcorrido o tempo programado, os contatos são ativados e só serão desativados ao desligar-se a alimentação, Interrompendo-se a alimentação durante a contagem do tempo, anula-se o tempo transcorrido. (Fig. 9.2)

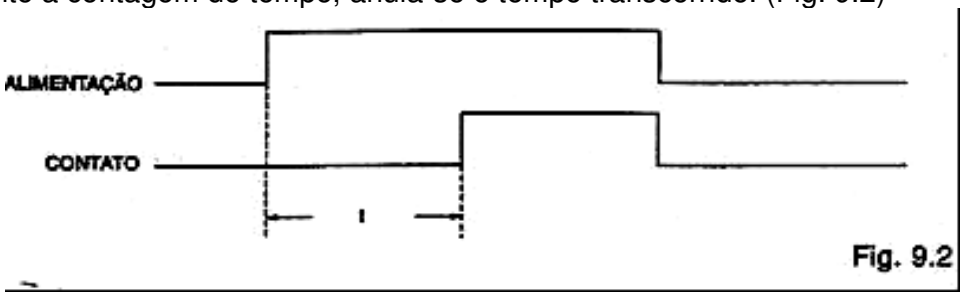


Fig. 9.2

Com retardo a desenergizaçâo

Alimentando-se o dispositivo (terminais a - b da figura 9.5), os contatos são ativados instantaneamente. Ao cortar a alimentação inicia-se a contagem do tempo. Transcorrido o tempo programado, os contatos são desativados. (Fig. 9.3)

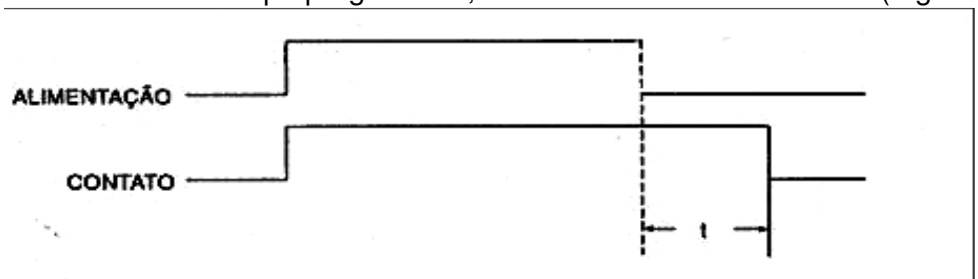


Fig. 9.3

Tipos de relés de tempo quanto ao princípio de funcionamento e às características físicas e construtivas

Os temporizadores podem ser:
- eletrônicos (analógico e digital);
- pneumáticos;
- eletromecânicos (motorizados);
- térmicos.

Daremos ênfase ao estudo dos temporizadores eletrônicos e pneumáticos, uma vez que os temporizadores térmicos e eletromecânicos apresentam algumas deficiências, como: variações da precisão de acordo com a temperatura ambiente, desgastes de peças mecânicas, ocupação de espaço físico para montagem.

Temporizadores eletrônicos

São relés temporizados usados para processar a temporização de manobras em um circuito mediante dispositivos eletrônicos. (Fig. 9.4)

Simbologia

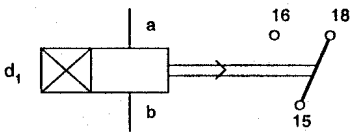


Fig. 9.5

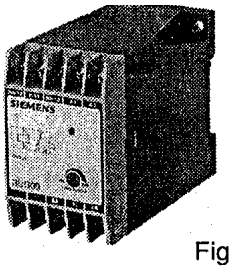


Fig. 9.4

Constituição –

É constituído de uma caixa, que abriga um circuito eletrônico (circuito de temporização), que atua sobre um relé magnético. Na parte frontal externa dessa caixa são colocados um botão seletor de tempo, que gira sobre uma escala numerada representando o tempo em segundos, e os bornes para ligação dos condutores.

Funcionamento –

Quando os bornes a - b forem energizados, o circuito eletrônico entrará em operação, realizando a temporização pré-selecionada pelo botão seletor. Uma vez vencido este tempo, aciona-se o relé magnético, que computará os seus contatos. Abre 15-16, fecha 15-18.

Os contatos do relé magnético voltarão à posição de repouso quando os bornes a - b forem desenergizados.

Características elétricas - Suas principais características são:
- tensão de acionamento - normalmente de 127V ou 220V;
- tensão máxima de serviço - normalmente de 250V;
- corrente nominal - corrente dos contatos do relé magnético, normalmente 5A;
- faixa de ajuste - é a faixa de tempo a ser ajustada no botão seletor. Ex: 0 - 30s, O -60s.

TRANSFORMADORES PARA COMANDOS ELÉTRICOS

São dispositivos empregados em comandos elétricos para modificar os valores de tensão e corrente numa determinada relação de transformação, que varia segundo a necessidade do equipamento.

Transformadores de tensão

São transformadores redutores de tensão. Sua função é alimentar circuitos de controle, sinalização e comandos. (Fig. 10.1)

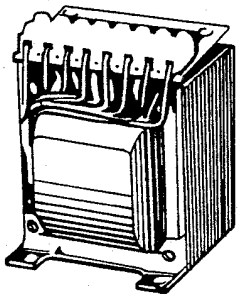


Fig. 10.1

Simbologia

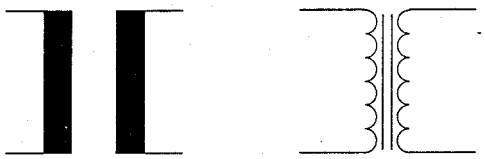


Fig. 10.2

Constituição

São compostos, basicamente, por duas bobinas, uma primária e uma secundária, montadas sobre um núcleo de ferro silício laminado.

Núcleo de ferro - Responsável pela concentração do campo magnético criado a partir da alimentação do enrolamento primário.

Enrolamento primário - Bobina na qual aplicamos a tensão da rede que necessita ser modificada.

Enrolamento secundário - Bobina na qual será induzida uma f.e.m. (força eletromotriz) e seus terminais são ligados à carga.

Funcionamento

Quando uma tensão alternada é estabelecida no enrolamento primário, cria-se um campo magnético alternado. O enrolamento secundário, ao ser cortado pelo fluxo magnético variável, produz uma f.e.m. (força eletromotriz) induzida.

Características

As principais características a serem observadas para a correta especificação do dispositivo são:

- relação de transformação;

- tensão nominal do primário;
- tensão nominal do secundário;
- corrente nominal do secundário.

Relação de transformação - É a relação entre a tensão induzida no enrolamento secundário e a tensão aplicada ao primário.

$$\frac{vs}{vp}$$

Como esta relação depende fundamentalmente do número de espiras dos enrolamentos, pode-se escrever a relação da seguinte maneira.

$$\frac{Vs}{Vp} = \frac{Ns}{Np}$$

Onde:
- Tensão no enrolamento secundário N - Número de espiras no secundário
- Tensão no enrolamento primário N - Número de espiras no primário

Tensão nominal do primário - Máxima tensão que deve ser aplicada ao enrolamento primário do transformador**.**

Tensão nominal do secundário - Tensão de saída do transformador. Depende da relação de transformação.

Corrente nominal do secundário - Corrente máxima que pode percorrer a bobina secundária. Grandeza esta que, juntamente com a tensão, determina a potência do transformador, uma vez que, desconsiderando-se as perdas, a potência do primário será igual à potência do secundário.

P = Vs . Is = Vp . Ip

Aplicações

- Reduzir a tensão da rede a nível compatível com a tensão de alimentação dos componentes de comando (bobinas, sinaleiros, relés etc.).

- Segurança nas manobras e nas correções de defeitos do equipamento.

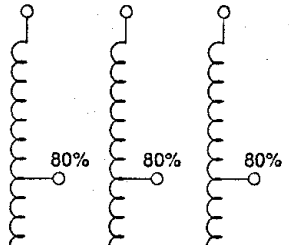
- Separar o circuito principal do circuito auxiliar, restringindo e limitando possíveis curtos-circuitos a valores que não afetem os condutores do circuito a que estão ligados.

- Amortecer variações de tensão, evitando possíveis trepidações dos contatos de dispositivos, prolongando assim a vida útil do equipamento.

Autotransformador

Dispositivo usado, entre outras aplicações, para reduzir a tensão de partida dos motores de rotor em curto-circuito, mantendo um conjugado para a partida e aceleração do motor.

Simbologia



Constituição

É constituído basicamente por três bobinas enroladas sobre um núcleo de ferro laminado, formando um conjunto trifásico.

As bobinas possuem derivações, normalmente 65% e 80%, que são ligadas à carga. Em um dos extremos das bobinas é ligado à rede elétrica e no outro se faz um fechamento em estrela (Y), conforme a figura 10.4.

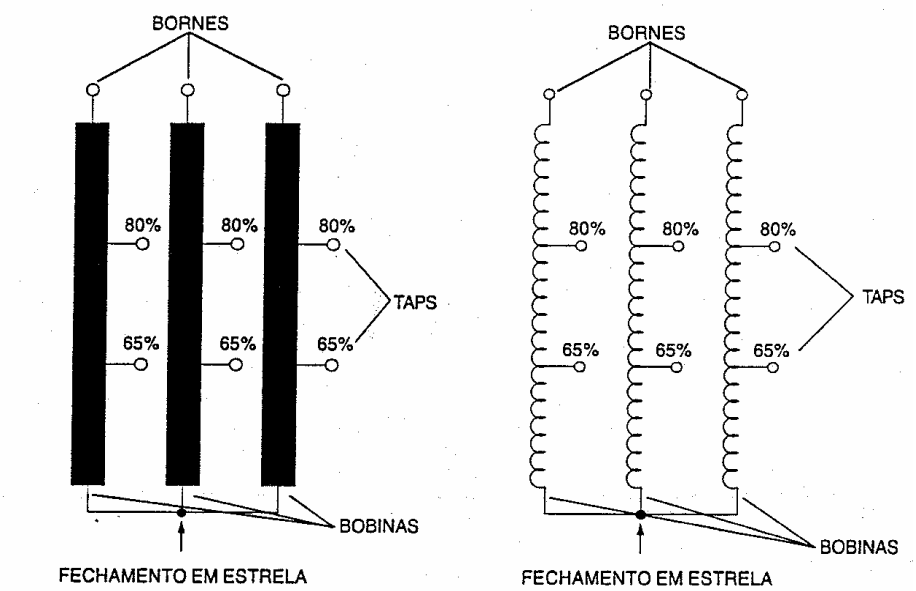


Fig 10.4

Neste caso, cada enrolamento é usado como primário e como secundário.

Funcionamento

Os motores trifásicos de rotor em curto-circuito, quando energizados diretamente pela tensão da rede, absorvem, na partida, valores de corrente que podem atingir até sete vezes o valor da corrente nominal.

Ligando a alimentação da rede aos terminais de entrada do autotransformador e a carga em uma de suas derivações, com percentual definido (65% ou 80%), reduziremos ao percentual do valor da derivação a tensão na carga, diminuindo assim a corrente na partida do motor.

A potência do autotransformador deve ser compatível com a potência do motor
Partida de vários motores - Pode-se usar um só transformador para a partida em seqüência de vários motores.

Neste caso, a partida dos motores será automática, ou seja, por relés temporizados e contatores.
Dessa forma, há economia de transformadores e de condutores, bem como de demanda.

Transformador de corrente (TC)

O transformador de corrente é um dispositivo que reduz o nível (valor) de correntes a outros de menor intensidade, de acordo com sua relação de transformação. (Fig. 10.5)

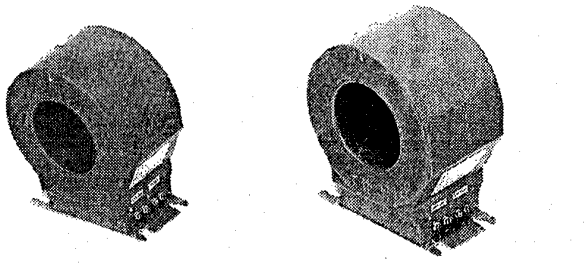


Fig. 10.5

Simbologia

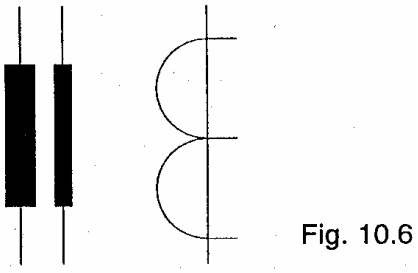


Fig. 10.6

Funcionamento

Estando o seu circuito primário (barra condutora ou cabo) ligado em série com a alimentação de uma instalação ou equipamento onde se desejam medições ou proteção, a corrente que passa pelo circuito primário induz uma corrente na bobina do secundário do transformador. O secundário alimenta as bobinas de corrente dos aparelhos destinados para medição.
No TC, a corrente do secundário é definida pela corrente circulante no primário, independentemente do instrumento elétrico que esteja alimentando.
A impedância do primário deve ser pequena, para não influenciar o circuito de alta corrente. Desta forma, o seu número de espiras é reduzido, ao contrário do secundário.
Por estas características, irão surgir tensões da ordem de vários kV, nos terminais do secundário, quando este for aberto em funcionamento. Os inconvenientes destes fatos são:

- risco de vida para operadores;
- aquecimento excessivo, causando a destruição do isolamento e podendo provocar contato entre circuito primário, secundário e aterra. Esse aquecimento é causado pela elevação das perdas no ferro, que ocorrem devido ao aumento do fluxo magnético;
- se não houver danificação, é possível que se alterem as características de funcionamento e precisão.

Por medida de segurança pessoal e do próprio aparelho, nunca deixe o transformador com o secundário aberto.
Se for necessário realizar qualquer operação neste circuito, deve-se primeiro curto circuitá-lo por meio de um condutor de baixa impedância. (Fig. 10.7)

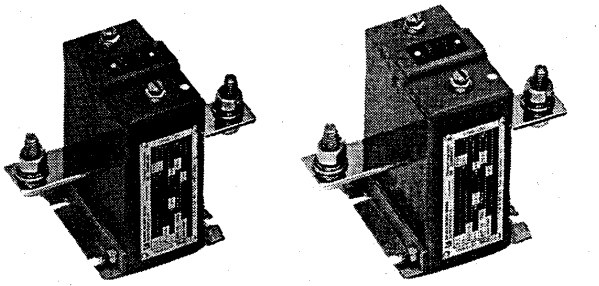


Fig. 10.7

Aplicações

São normalmente usados em circuitos nos quais se deseja fazer medições ou proteção.

Medição

Imagine que seja necessário medir uma corrente de 1000A.
Usando um transformador com relação de 1000/50 e um amperímetro adequado para esta situação com escala graduada de 0-1 000A, podemos fazer a medição. Isto significa que, quando circular uma corrente de 1000A pelo circuito, teremos SOA no secundário do transformador e no amperímetro, que indicará a medida real, ou seja, 1000A. (Fig.10.8)

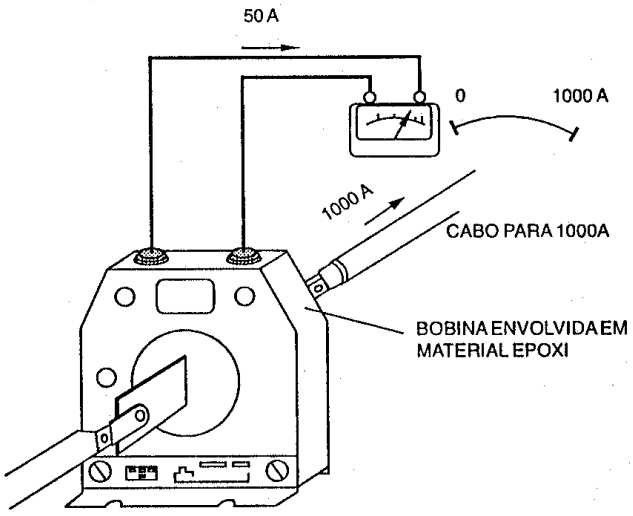


Fig.10.8

Proteção

Neste caso, o transformador é associado a um relé térmico cuja corrente nominal é inferior à da rede.
Se usarmos um transformador com relação 200/5, significa que, quando houver uma corrente de 200A na rede, a corrente no relé será de 5A.
Dessa forma, o relé térmico terá seu tamanho reduzido e poderá ser um relé normalizado (da linha de produção)

CIRCUITOS E DIAGRAMAS ELÉTRICOS

Tipos de diagramas

Diagrama tradicional ou multifilar completo

É como uma fotografia do circuito elétrico, ou seja, representa a forma com que este é implementado. Sua aplicabilidade se torna inviável para circuitos complexos, devido ao grande número de linhas e símbolos a serem utilizados.

Diagrama funcional

Representa os caminhos de corrente, os elementos, suas funções, suas interdependências e seqüência funcional, sendo subdividido em dois outros, a saber:

circuito principal e circuito de comando, bastante práticos e de fácil compreensão.

Diagrama de disposição ou layout

Representa, de forma clara e objetiva, o arranjo físico dos dispositivos. A combinação dos diagramas funcional e de layout

define, de maneira prática e racional, a melhor forma de elaboração de diagramas para análise, instalação ou manutenção de equipamentos.

Identificação dos componentes no diagrama funcional

São representados conforme simbologia adotada e identificados por letras e números.ou símbolos gráficos.

Exemplo

Identificação por letras e números.

Identificação por símbolos gráficos.

Relés e contatores auxiliares.

Observação

Nos dispositivos, contatores ou relés, os contatos são identificados por números, que representam:

• Ordem ou posição - representada pelo primeiro algarismo, indica entrada ou saída e a posição física em que se encontram nos contatores ou relés. Essa indicação nos diagramas é geralmente acompanhada da indicação do contator correspondente ou dispositivo.

• Função - podem ser contatos do tipo abridores NF (normalmente fechado), cujos números utilizados são 1 e 2, ou fecha dores NA (normalmente aberto), cujos números utilizados são 3 e 4.

Identificação literal de elementos - Normas VOE	
Denominação	**Aparelho**
a_0	Disjuntor Principal
a_1, a_2... (a_{11}, a_{12}.....)	Seccionadora, seccionadora sob carga, chave comutadora
a_8	Seccionadora para terra (MT).
a_9	Seccionadora de cabo (MT). Disjuntor para comando
a_{21}	Disjuntor para comando
b_0 (b_{02}.....)	Botão de comando - desliga
b_1 (b_{12}.....)	Botão de comando - liga
b_2 (b_{22}.....)	Botão de comando - esquerda/direita
b_3	Botão de comando - desliga buzina
b_4	Botão de comando - quitação
b_5	Botão de comando - desliga lâmpadas
b_6	Botão de comando - teste lâmpadas (teste sistema de alarme)
b_{11}	Chave comutadora para voltímetro
b_{21}	Chave comutadora para amperímetro
b_{31}	Chave fim de curso para carrinho (MI).
b_{32}	Tomada para carrinho (MT).
b_{33}	Chave fim de curso no cubículo (MI).
b_{91}	Chave para aquecimento
C_1' C_2'. C_3	Contator principal

Denominação	Aparelho
d_1..... (d_{11}, d_{21}, d_{23}....)	Contator auxiliar, relé de tempo, relé auxiliar
e_1, e_2, e_3	Fusível principal.
e_4, e_5, e_6	Relé bimetálico.
e_{11}	Fusível para voltímetro.
$e_{21.}$	Fusível para comando.
e_{71}	Relé de proteção.
e_{91}	Fusível para aquecimento
e_{92}	Termostato para aquecimento
f_1 ($f_{11..}$)	Transformador potencial
f_2 ($f_{21..}$)	Transformador de corrente.
f_{25}	Transformador de corrente. auxiliar.
g_{11}.....g_{14}	Voltímetro.
g_{15}	Freqüencímetro
g_{16}	Voltímetro, duplo.
g_{17}	Frenqüencímetro, duplo.
g_{18}	Sincronoscópio
g_{19}	Contador de horas/indicador de seqüência de fases.
g_{21}	Amperímetro
G_{31}	Wattímetro.
G_{32}	Medidor de potência reativa
g_{33}	cosimetro
g_{34}	Contador watt-hora
g_{35}	Contador de potência reativa
h_0 (h_{02})	Armação de sinalização - desliga
h_1 (h_{12})	Armação de sinalização - liga
h_2 (h_{22})	Armação de sinalização - direita/esquerda
h_3	Armação de sinalização - alarme
h_{31}	Buzina

Denominação	Aparelho
k_1	Condensador
m_1	Motor, transformador principal
M_2	Autotransformador.
m_{31}	Transformador de comando
r_{91}	Aquecedor
$s_{1.}$	Travamento eletromagnético
u_1	Combinação de aparelhos
R_1, $S_{1,}$ $T_{1,}$ N	Circuito de comando C.A.
P_1, N_1	Circuito de comando C.C.
R_{11}, S_{11} T_{11}, N_{11}	Circuito de medição, tensão, C.A
R, S, T, N	Circuito de medição, corrente, C.A
A, B	Fileira de bornes para AI e MI.
C, D	Fileira de bornes para BT

Identificação literal de elementos

Normas UTE - Contadores principais e contadores auxiliares. Utilizaremos uma designação por meio das iniciais que caracterizam sua função:

- S - sobe;
- D - desce;
- F - frente;
- A - atrás;
- L - linha;
- T - translação;
- B - broca etc.

E para outros aparelhos:

- RI - relés de proteção térmica;
- RI - relés instantâneos;

- S_1, S2, S3 - seccionadores;
- R_1, R_2, R_3 - resistências;
- Fu_1, Fu_2 - fusíveis;
- B (seguido de uma letra ou de uma letra e de um número significativos) - botões.

Exemplo

BM (marcha)

Bp_1 (parada 1)

- Sinalizadores - V_1, V_2.
- Transformadores - Tr.
- Retificadores - Rd.
- Condensadores - Cd.
- Placas de bornes (quando houver várias) - B_1, B_2.
- Bornes (identificação individual) - 1, 2, 3, 4 etc.

Siglas das principais normas nacionais e internacionais

No projeto, construção e instalação de componentes, dispositivos e equipamentos elétricos, são adotadas normas nacionais e internacionais, cujas principais abreviaturas, significado e natureza são apresentados a seguir.

ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Atua em todas as áreas técnicas do país. Os textos das normas são adotados pelos órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais) e pelas empresas. Há normas NB e IB (terminologia), SB (simbologia), EB (especificação), MB (método de ensaio) e PB (padronização).

ANSI - American National Standards Institute - Instituto de normas dos Estados Unidos, que publica recomendações e normas em praticamente todas as áreas técnicas. Na área dos dispositivos de comando de baixa tensão, tem adotado, freqüentemente, especificações UL e da NEMA.

BS - Britsh Standard - Normas técnicas da Grã-Bretanha, já em grande parte adaptadas a IEC.

CEE - International Comission on Rules of the Approvel of Electrical Equipment - Especificações internacionais, destinadas sobretudo ao material de instalação.

CEMA - **Canadian Electrical Manufactures Association** - Associação canadense dos fabricantes de material elétrico.

CSA - **Canadian Standards Association** - Entidade canadense de normas técnicas, que publica as normas para concessão de certificado de conformidade.

DEMKO - **Danmarks Elektriske Materiel kontrol** - Autoridade dinamarquesa de controle dos materiais elétricos, que publica normas e concede certificados de conformidade.

DIN - Deutsche Industrie Normen - Associação de normas industriais alemãs. Suas publicações são devidamente coordenadas com a VDE.

IEC - **International Electrotechnical Comission** - Essa comissão é formada por representantes de todos os países industrializados. Recomendações da IEC, publicadas por esta comissão, são parcialmente adotadas pelos diversos países ou, em outros casos, está se procedendo a uma aproximação ou adaptação das normas nacionais ao texto destas normas internacionais.

KEMA - Kenring Van Elektrotechnische Materialen - Associação holandesa de ensaio de materiais elétricos.

NEMA - **National Electrical Manufactures Association** - Associação nacional dos fabricantes de material elétrico (USA).

OVE - **Osterreichischer Verband fur Elektrotechnik** - Associação austríaca de normas técnicas, cujas determinações, geralmente, coincidem com as da IEC e VDE.

SEN - **Svensk Standar** - Associação sueca de normas técnicas.

UL - **Underwriters Laboratories mc.** - Entidade nacional de ensaio da área de proteção contra incêndio nos Estados Unidos, que, entre outros, realiza os ensaios de equipamentos elétricos e publica as suas prescrições.

UTE - **Union Tecnique de L Électricité** - Associação francesa de normas técnicas.

VDE - Verband Deustscher Elektrotechniker - Associação de normas alemãs, que publica normas e recomendações da área de eletricidade.

Simbologia para diagramas de comandos elétricos e eletrônicos

A simbologia é aplicada generalizadamente nos campos industrial, didático e outros onde fatos de natureza elétrica necessitam ser esquematizados graficamente.Tem por objetivo estabelecer símbolos gráficos que devem ser

usados para, em desenhos técnicos ou diagramas de comandos eletromecânicos, representar componentes e a relação entre estes. A seguir, serão mostrados símbolos e significados de acordo com as normas ABNT, DIN, ANSI, UTE e IEC.

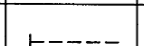
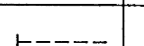
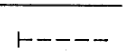
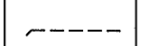
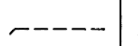
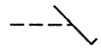
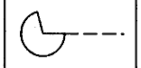
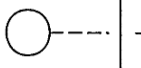
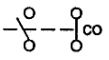
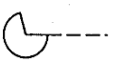
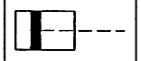
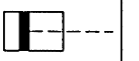
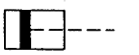
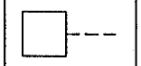
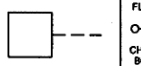
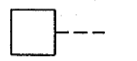
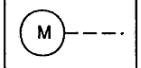
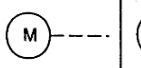
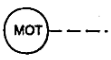
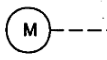
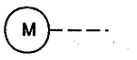
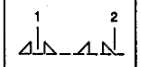
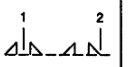
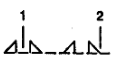
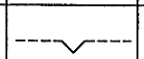
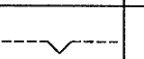
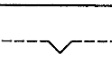
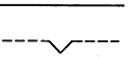
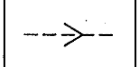
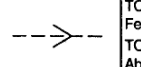
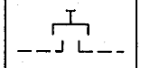
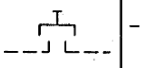
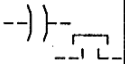
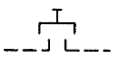
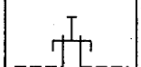
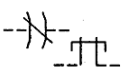
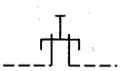
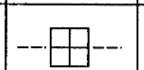
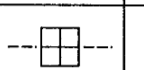
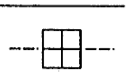
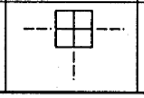
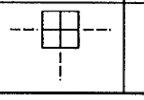
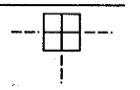
Grandezas elétricas fundamentais

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Corrente contínua.	——	——	DC	—— - - - -	——
Corrente alternada.	∿	∿	AC	∿	∿
Corrente contínua e alternada.	∿ ——	∿ ——			∿ ——
Exemplo de corrente alternada monofásica 60Hz.	1~60Hz	1~60Hz	1 phase 2wire-60Hz		1~60Hz
Exemplo de corrente alternada trifásica, 3 condutores, 60Hz, tensão de 220V.	3~60Hz 200V	3~60Hz 220V	3 phase 3 wire 60 cycle-220V		3~60Hz 220V
Exemplo de corrente alternada trifásica com neutro, 4 condutores, 60Hz, tensão de 380V.	3N~60Hz 380V	3N~60Hz 380V	3 phase 4 wire 60 cycle-380V	3N~50Hz 380V	3N~60Hz 380V
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores, tensão de 220V.	2 - 200V	2 - 220V	2 wire DC, 220V		2 - 220V
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores e neutro, tensão de 110V.	2N - 110V	2N - 110V	3 wire DC, 110V		2N - 110V

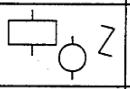
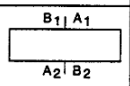
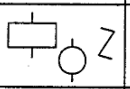
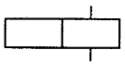
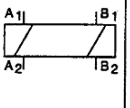
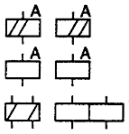
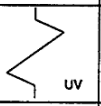
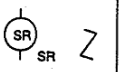
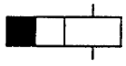
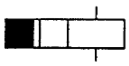
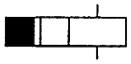
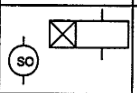
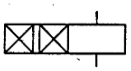
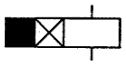
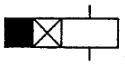
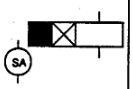
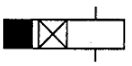
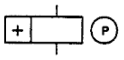
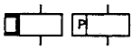
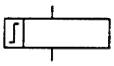
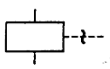
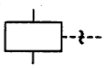
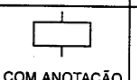
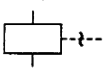
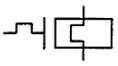
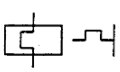
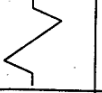
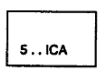
Símbolos de uso geral

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Terra.					
Massa.					
Polaridade positiva.					
Polaridade negativa.					
Tensão perigosa.					
Ligação delta ou triângulo.					
Ligação Y ou estrela.					
Ligação estrela com neutro acessível.					
Ligação ziguezague.					
Ligação em V ou triângulo aberto.					

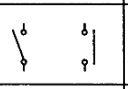
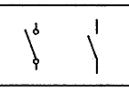
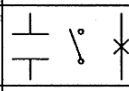
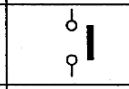
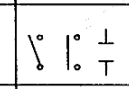
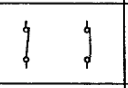
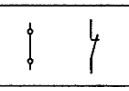
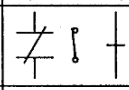
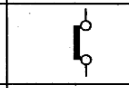
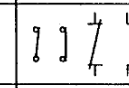
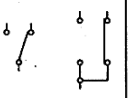
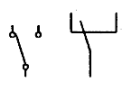
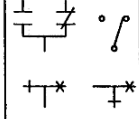
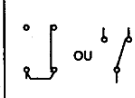
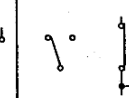
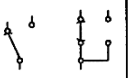
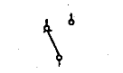
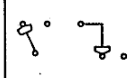
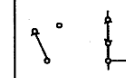
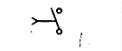
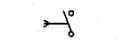
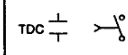
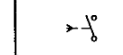
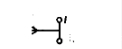
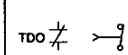
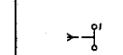
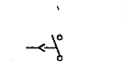
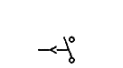
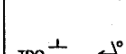
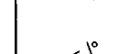
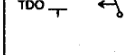
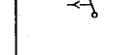
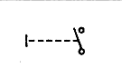
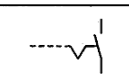
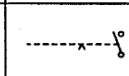
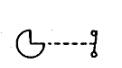
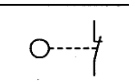
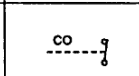
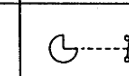
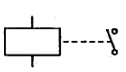
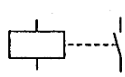
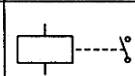
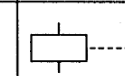
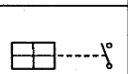
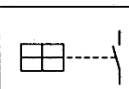
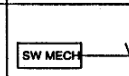
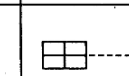
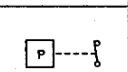
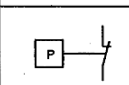
Elementos de comando

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Comando manual sem indicação de sentido.					
Comando por pé.					
Comando por excêntrico.					
Comando por meio de êmbolo (ar comprimido etc.).					
Comando por energia mecânica.					
Comando por motor.					
Sentido de deslocamento do comando para a esquerda, cessada a força externa. Nota: para a direita, inverter a seta.			Somente em contatos de pressão		
Comando com travamento: 1. Travado; 2. Livre.					
Comando engastado.					
Dispositivo temporizado com operação à direita.			TC.TDC Fecha com retardo TO.TDO Abre com retardo		
Comando desacoplado, no caso, com acionamento manual.					
Comando acoplado, no caso, com acionamento manual.					
Fecho mecânico.			SW MECH		
Fecho mecânico com disparador auxiliar.					

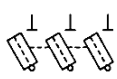
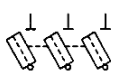
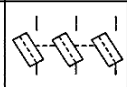
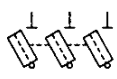
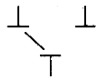
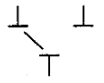
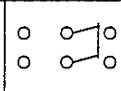
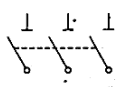
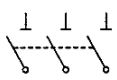
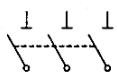
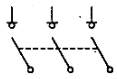
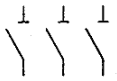
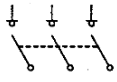
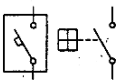
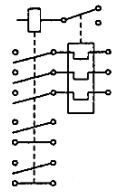
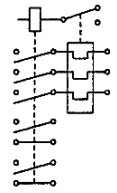
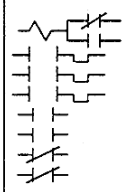
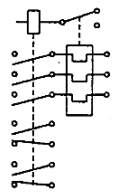
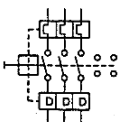
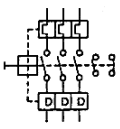
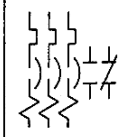
Bobinas de comando e relés

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Bobina eletromagnética, geral.					
Bobina eletromagnética de enrolamento único.					
Bobina eletromagnética de dois enrolamentos.					
Relé de subtensão.					
Relé com retardo para voltar ao repouso.					
Relé com retardo prolongado para voltar ao repouso.					
Relé com retardo para operar.					
Relé com retardo para operar e para voltar ao repouso.					
Relé polarizado.					
Relé com remanência.					
Relé com ressonância.					
Relé térmico ou bimetálico.					
Relé eletromagnético de sobrecarga.					
Relé eletromagnético de curto-circuito.					

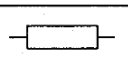
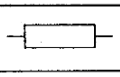
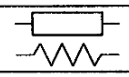
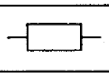
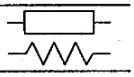
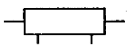
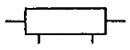
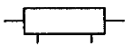
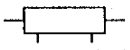
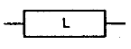
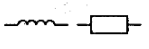
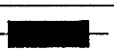
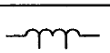
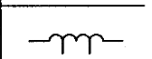
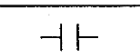
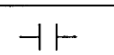
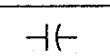
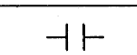
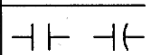
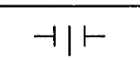
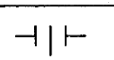
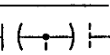
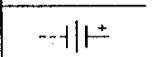
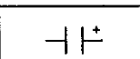
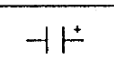
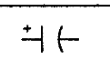
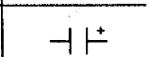
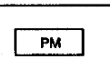
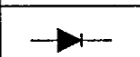
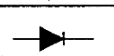
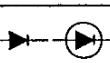
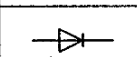
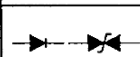
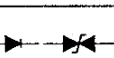
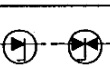
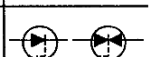
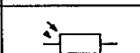
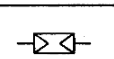
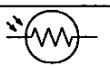
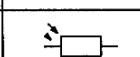
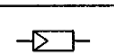
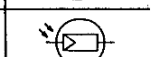
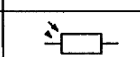
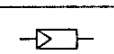
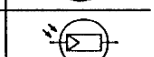
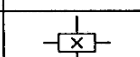
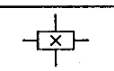
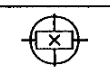
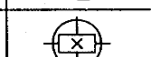
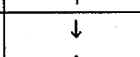
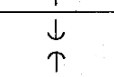
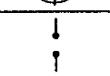
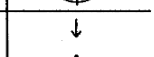
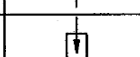
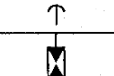
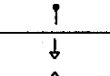
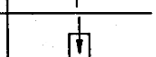
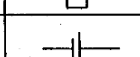
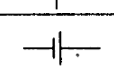
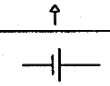
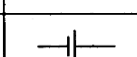
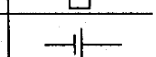
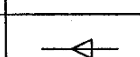
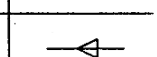
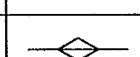
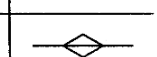
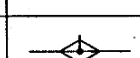
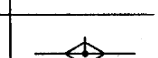
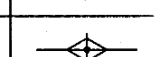
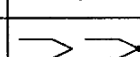
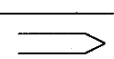
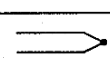
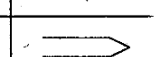
Contatos e peças de contato com comandos diversos

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Fechador (normalmente aberto).					
Abridor (normalmente fechado).					
Comutador.					
Comutador sem interrupção.					
Temporizado:					
no fechamento;					
na abertura;					
na abertura;					
no fechamento.					
Fechador de comando manual.					
Abridor com comando por excêntrico.					
Fechador com comando por bobina.					
Fechador com comando por mecanismo.					
Abridor com comando por pressão.					

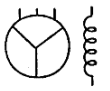
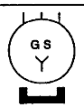
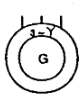
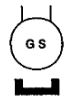
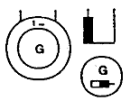
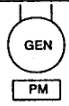
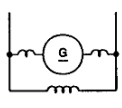
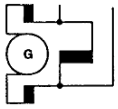
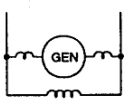
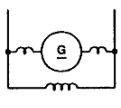
Dispositivos de comando e de proteção

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Tomada e pugle.					
Fusível.					
Fusível com indicação do lado ligado à rede após a ruptura.					
Secionador - fusível tripolar.					
Lâmina ou barra de conexão reversora.					
Secionador tripolar.					
Interruptor tripolar (sob carga).					
Disjuntor.					
Secionador-disjuntor.					
Contator com relé térmico e contatos auxiliares.					
Disjuntor tripolar com relés eletromagnéticos com contatos auxiliares.					

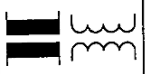
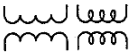
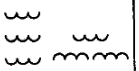
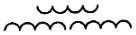
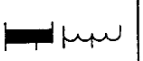
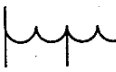
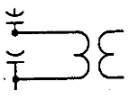
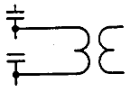
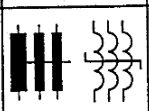
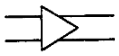
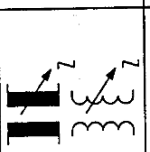
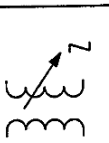
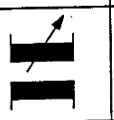
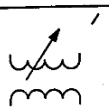
Componentes de circuito

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Resistor.					
Resistor com derivações.					
Indutor, enrolamento, bobina.					
Indutor com derivações.					
Capacitor.					
Capacitor com derivações.					
Capacitor eletrolítico.					
Ímã permanente.					
Diodo semicondutor.					
Diodo zener, unidirecional e bidirecional.					
Fotorresistor com variação independente da tensão.					
Fotorresistor com variação dependente de tensão.					
Fotoelemento.					
Gerador hall.					
Centelhador (de pontas).					
Pára-raio.					
Acumulador, bateria, pilha.					
Mufla terminal ou terminação.					
Mufla de junção ou emenda reta.					
Mufla ou emenda de derivação simples.					
Mufla ou emenda de derivação dupla.					
Par termoelétrico.					

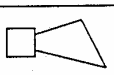
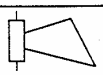
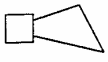
Motores e geradores

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Motor, símbolo geral.					
Gerador, símbolo geral.					
Motor de corrente contínua.					
Gerador de corrente contínua.					
Motor de corrente alternada monofásica.					
Motor de corrente alternada trifásica.					
Motor de indução trifásica.					
Motor de indução trifásica com representação de ambas as extremidades de cada enrolamento do estator.					
Gerador síncrono trifásico ligado em estrela.					
Gerador síncrono trifásico de ímã permanente.					
Gerador síncrono monofásico de ímã permanente.					
Gerador de corrente contínua com enrolamentos de compensação e inversão polar.					

Transformadores

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Transformador com dois enrolamentos.					
Transformador com três enrolamentos.					
Autotransformador.					
Bobina de reatância.					
Transformador de corrente.					
Transformador de potencial.					
Transformador de corrente capacitiva.					
Transdutor com três enrolamentos - um de serviço e dois de controle.					
Transformador de dois enrolamentos, com diversas derivações sepa em um dos enrolamentos (com variação em escalões).					
Transformador de dois enrolamentos com variação contínua da tensão.					

Dispositivos de sinalização ótica e acústica

Significado	ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
Buzina.					
Campainha.					
Sirene.					
Cigarra.					
Lâmpada de sinalização.					
Indicador.					

SISTEMA DE PARTIDA DIRETA DE MOTORES TRIFÁSICOS

A figura 1.19 ilustra o diagrama principal (força ou potência).

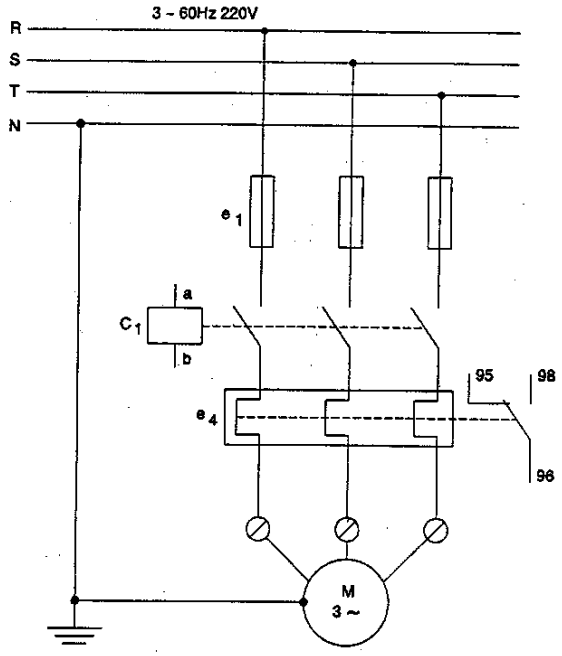


DIAGRAMA DE FORÇA

Fig. 1.19

A seguir serão apresentadas, em seqüência, as etapas a serem seguidas para elaboração do circuito de comando. É importante ressaltar que o processo descrito para elaboração de circuitos simples é também utilizado para circuitos complexos, ficando claro que, uma vez entendida a aplicação de tal processo, torna-se extremamente fácil a compreensão de qualquer circuito de comando.

Necessitamos alimentar a bobina do contator (C_1) a fim de que ela possa acionar os contatos, colocando em funcionamento o motor Para isso, é importante observar o valor da tensão de alimentação da bobina. Caso seja do mesmo valor da tensão da rede, podemos obter as linhas de alimentação do circuito de comando a partir da própria rede, conforme mostrado a seguir. Em caso de valor diferente da rede, devemos utilizar um transformador para obter o valor de tensão necessário. Acompanhe os passos.

A partir de duas linhas de alimentação, protegidas por fusíveis, fazer a conexão dos terminais da bobina. (Fig. 1.20)

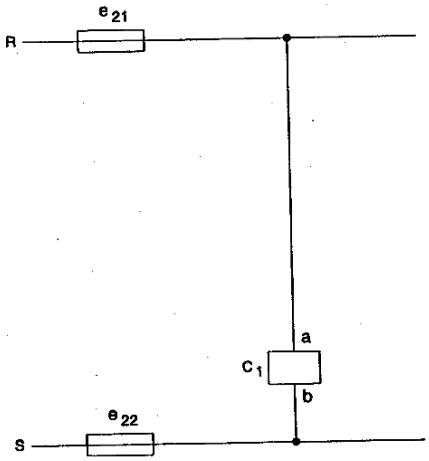


Fig. 1.20

Podemos observar que, ao ser energizada a rede trifásica (R, 3 e 1), teremos tensão nas linhas de comando (R e S), e através dos fusíveis de proteção (e_{21} e e_{22}) será feita a alimentação instantânea da bobina (C_1). A fim de que possamos ter controle sobre os atos de ligar e desligar o motor, acrescentaremos ao circuito um botão de comando, com trava, ligado em série com a bobina, desencadeando tais efeitos, como é mostrado na figura 1.21.

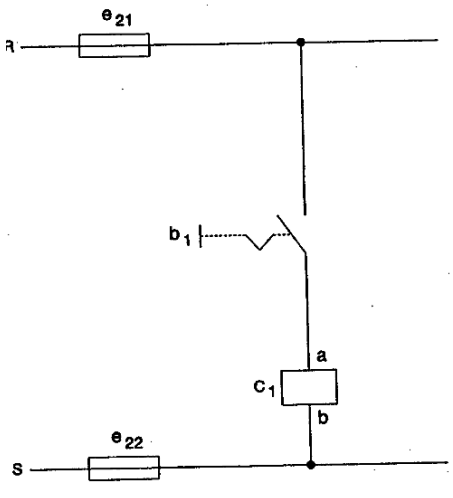


Fig. 1.21

Podemos utilizar, também, botões de comando sem trava, bastando para isso acrescentar dois elementos, que são, um botão para desligar (b_0) e um contato

(NA) do contator, o qual terá a função de selo ou retenção, em paralelo com o botão liga (para obtermos a condição de, ao desacionar o botão liga (b_1), a bobina permanecer ligada através do selo (contato NA de C_1). (Fig. 1.22)

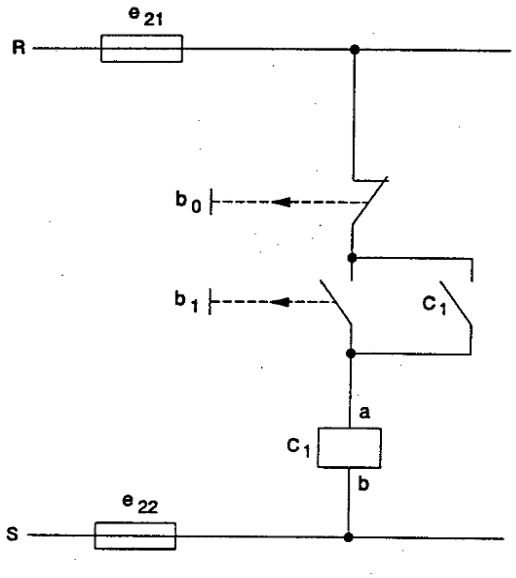


Fig. 1.22

Descrição funcional

Podemos observar que, ao ser energizada a rede trifásica (R, 3 e 1), teremos tensão nas linhas de comando (R e S), e através dos fusíveis de proteção (e_2, e e_{22}) será feita a alimentação dos pontos superior do botão de comando desliga (b_0) e inferior da bobina O, (lado b). Estando b_0 no repouso, seu contato está fechado, mantendo energizados os pontos superiores do botão liga (b_1) e do contato normalmente aberto de C1,. Ao ser acionado o botão liga (b_1), seu contato se fecha, energizando o ponto superior da bobina C1, (lado a). Então, a bobina (C_1) fica sujeita à tensão da rede em seus terminais (a e b), acionando seus contatos e fechando-os tanto no circuito de força quanto no de comando. Assim, podemos desacionar b_1 visto que a corrente elétrica, que alimenta a bobina, fluirá através do contato C1 agora fechado. Nessas condições, o motor parte e permanece ligado até que seja acionado o botão desliga (b_0). Quando isso acontece, é interrompido o percurso da corrente, que fluía pelo contato C_1, desenergizando a bobina (C_1) e, em conseqüência disso, interrompendo a

alimentação do motor até a sua paralisação, O contato de C, aberto e b, desacionado recolocam o circuito na condição de ser dada nova partida.

Com a finalidade de proteger o motor contra sobrecargas, inserimos o contato normalmente fechado (NF) do relé térmico de sobrecarga em série com o botão desliga (b), passando o circuito de comando a ser o ilustrado na figura 1.23.

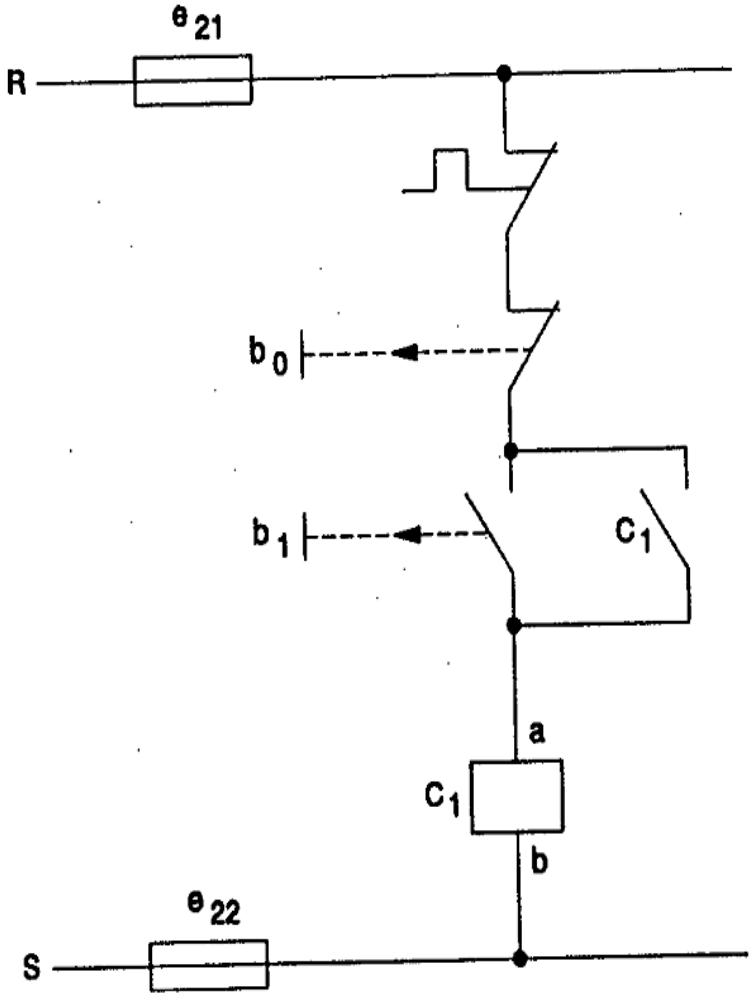


Fig. 1.23

Finalmente, são numerados os contatos e apresentada a conclusão do circuito de comando, que é ilustrada na figura 1.24.

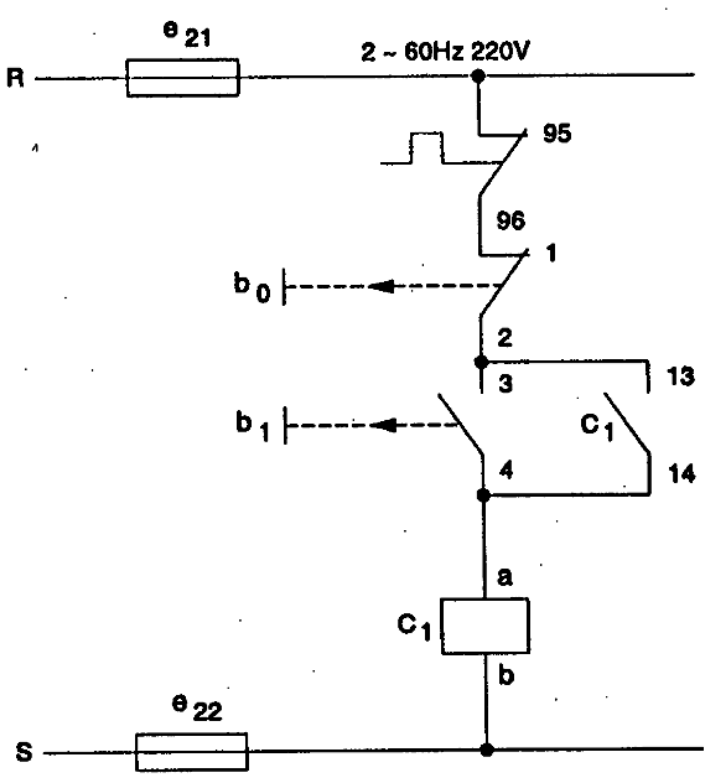


Fig. 1.24

Nas ilustrações a seguir, podemos observar três tipos de chaves de partida direta SIEMENS, com a indicação de potência máxima a ser acionada e respectivos diagramas elétricos.

GSPOO e GSPO - Destinam-se ao comando e proteção de motores trifásicos de até 11KW(150V) em 440V(CA), nas categorias de utilização AC2/AC3, podendo, também, manobrar outras cargas. (Fig. 1.25)

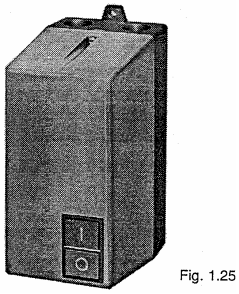


Fig. 1.25

GSP1 e GSP2 - Destinam-se ao comando e proteção de motores trifàsicos de até 15kW(200V) em 440V(OA), nas categorias de utilização AC2/AC3, podendo, também, manobrar outras cargas. (Fig. 1.26)

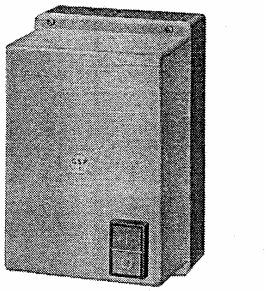
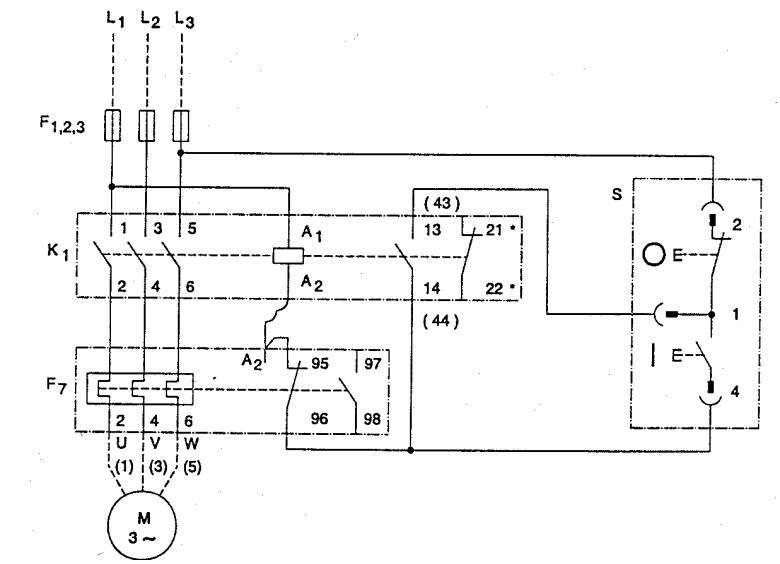


Fig. 1.26



CPD - Destinam-se ao comando e proteção de motores trifásicos de até 375kW (500CV) em 440V(CA), nas categorias de utilização AC2/AC3, podendo, também, manobrar outras cargas. (Fig. 1.27)

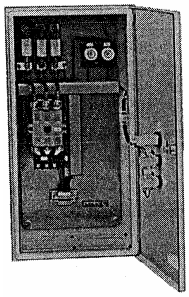
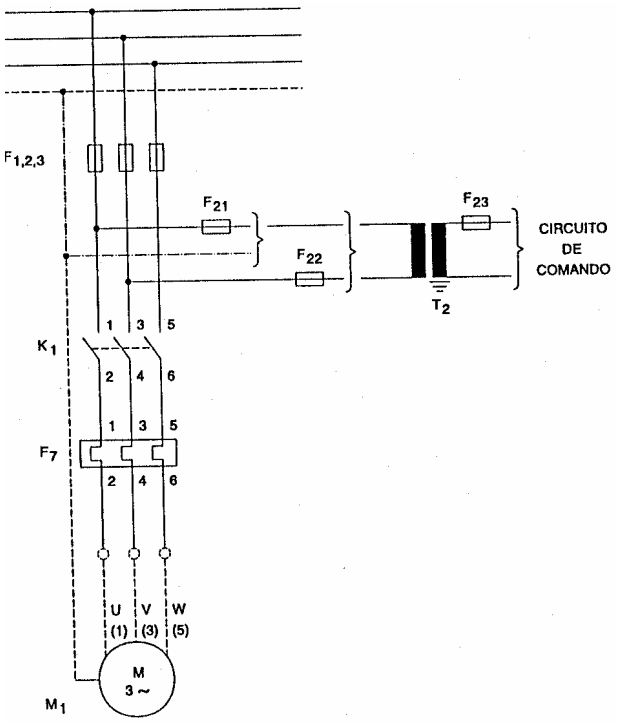


Fig. 1.27



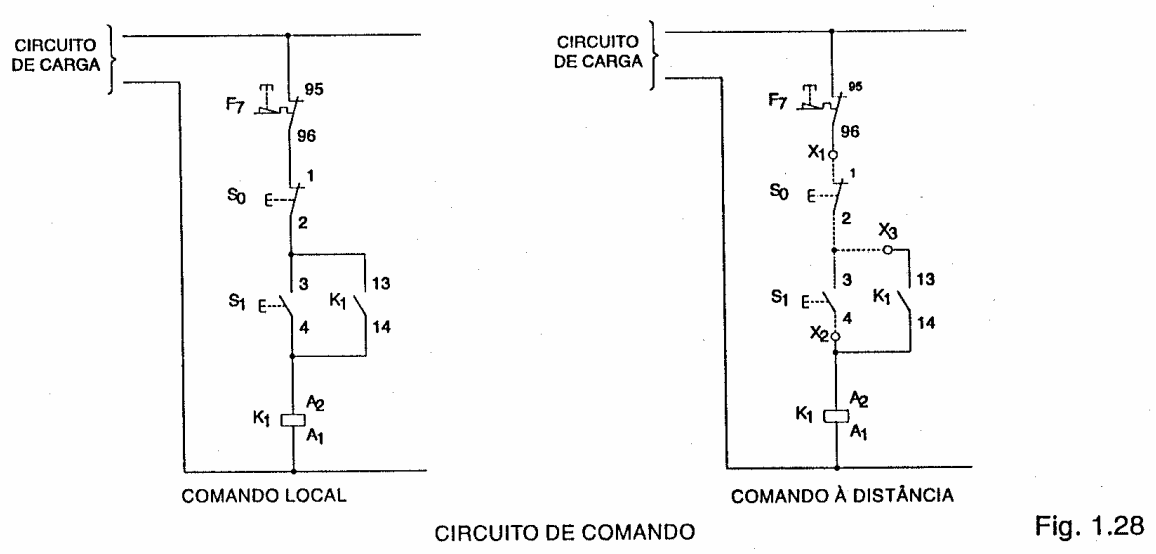


Fig. 1.28

A partir desse ponto, passaremos a analisar outros tipos de diagramas de sistemas de partida de motor elétrico, sem no entanto enumerar passos para confecção do circuito de comando. Devemos ter em mente o seguinte: sempre que quisermos impor ao circuito uma determinada condição de funcionamento, deveremos definir inicialmente qual o tipo de efeito que esperamos obter. Assim,

caso queiramos que o efeito seja de acionamento, devemos inserir ao circuito, ou aos pontos onde desejamos que isso ocorra, contatos normalmente abertos (NA) ligados em paralelo a esses pontos ou em série, caso pretendamos introduzir uma seqüência de operações.

Caso o efeito esperado seja de bloqueio (desligamento), devemos inserir contatos normalmente fechados ligados em série com tais pontos.

Partida direta com reversão

Sabemos que, para um motor trifásico sofrer inversão no seu sentido de giro, devemos inverter duas de suas fases de alimentação. Isso às vezes é necessário para que uma máquina ou equipamento complete o seu ciclo de funcionamento. Podemos citar como exemplos portões de garagem, plataformas elevatórias de automóveis, tornos mecânicos etc.

Abaixo são sugeridos os diagramas de força (Fig. 1.29) e comando (Fig. 1.30), bem como sua análise funcional.

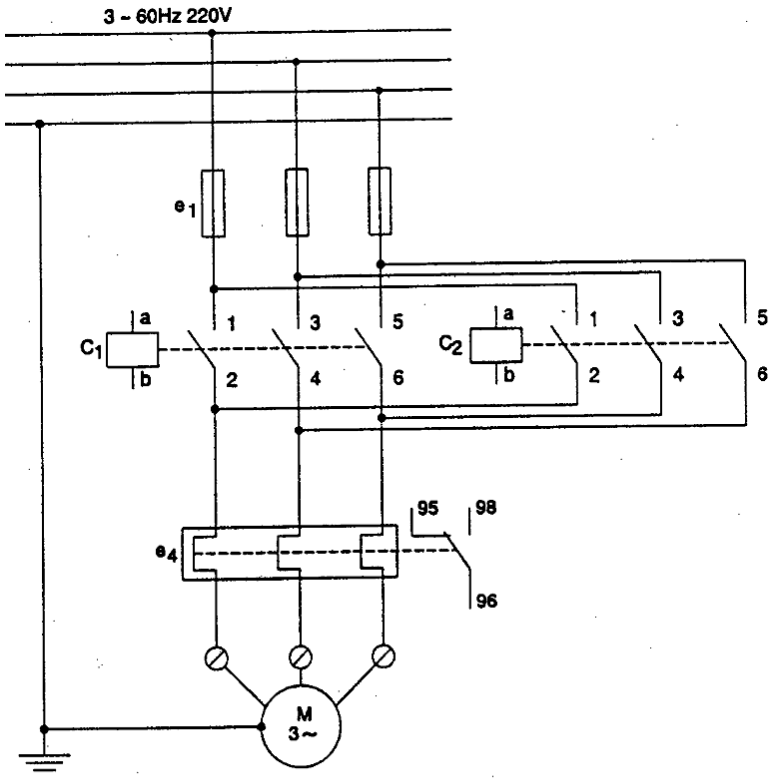


DIAGRAMA DE FORÇA

Fig. 1.29

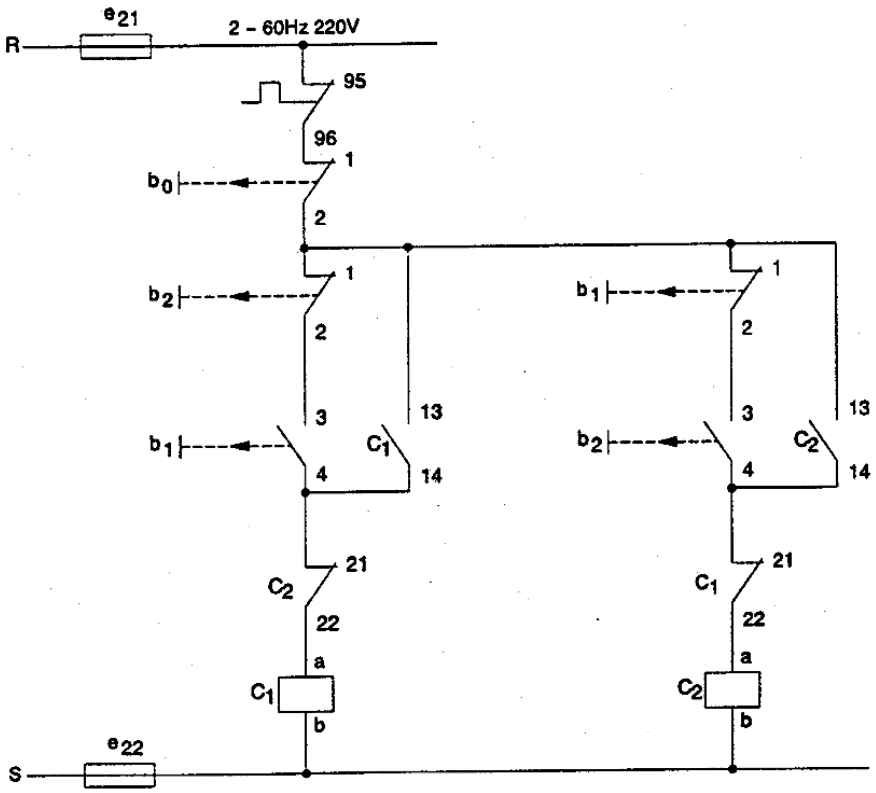


DIAGRAMA DE COMANDO

Fig. 1.30

Análise funcional

Estando energizada a rede trifásica (R, S T), estaremos energizando o borne 95 do relé térmico de sobrecarga, e os pontos inferiores (lado b) das bobinas C_1 e C_2,Fusíveis e_{21} e e_{22}. O contato NF (95, 96) do relé térmico de sobrecarga, ligado em série como contato NF (1,2) do botão desliga (b_0), proporciona a energização dos bornes superiores (1) dos contatos NF dos botões conjugados (b_1 e b_2). Estes garantem energizados os contatos NA de b_1 b_2, C_1, e C_2 de números 3 – 4, e 13 – 14, respectivamente. Pelo fato de serem conjugados os botões b_1 e b_2, ao pressionar um deles é desencadeada a ação de abrir o seu contato NF e em seguida fechar o NA. Como existe dependência nos dois braços do circuito de tais botões, ao acionar b_1, bloqueia-se a bobina C_2, através do NF de b_1, e pressionando b_2, bloqueia-se a bobina através do NF de b_2. A essa dependência denominamos intertravamento elétrico. Os contatos NF (21 e 22) de C_1 e C_2 tem função análoga à dos botões (NF de b_1 e b_2). Isso é necessário, pois os

contatores (C_1 e C_2) não podem ser ligados simultaneamente sob pena de ocorrer um curto-circuito entre duas fases do sistema, caso isso aconteça. Em algumas aplicações são usados contatores dotados de uma trava mecânica (pino), que impede a ligação simultânea destes. Nesse caso, é denominado intertravamento mecânico.

Assim, acionando b_1 é energizada a bobina C_1, através do NF de C_2. O contato NF de C_1(21,22) abre, bloqueando a bobina C_2, e o NA (C_1 13,14) faz o selo da bobina C_1. No circuito de força, C_1 fecha os contatos NA, alimentando os terminais do motor, fazendo-o partir e permanecer ligado em um determinado sentido de giro.

Quando for necessária a mudança no sentido de giro do motor, deve-se acionar b_0, desligando a bobina C_1. Assim, o contato C_1(13,14) abre, desfazendo o selo da bobina C_1, e o contato C_1(21, 22) fecha, permitindo que a bobina C_1 seja ligada. Agora, acionando b_2, a bobina C_2 é energizada através do contato C_1(21, 22). O contato C_2(21,22) abre bloqueando a bobina C_1, e o contato 02(13,14) fecha, fazendo o selo da bobina C_2. No circuito de força, C_2 fecha os contatos NA, proporcionando a inversão das fases 5 e 1 e a mudança no sentido de giro do motor. Caso haja, em algum instante, uma sobrecarga no motor, o relé térmico aciona seu contato NF (95, 96), fazendo-o abrir e desenergizar a bobina que estiver ligada (C_1 ou C_2).

Na figura 1.31 é mostrada, a titulo de ilustração, uma chave de partida direta com reversão Siemens 3TD, que se destina ao comando e proteção de motores trifásicos de até 375kW(5000V) em 440V(CA), acoplados a máquinas que partem a vazio ou com carga, podendo a reversão se dar fora do regime de partida nas categorias de utilização A02/AC3 ou dentro, na categoria de utilização AC4.

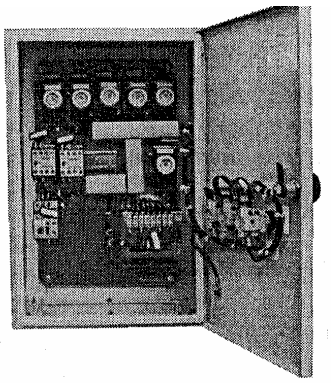


Fig. 1.31

Sistema de partida estrela-triângulo de motores trifásicos Condições essenciais:

• o motor não pode partir sob carga. Sua partida deve se dar a vazio ou com conjugado resistente baixo e praticamente constante.

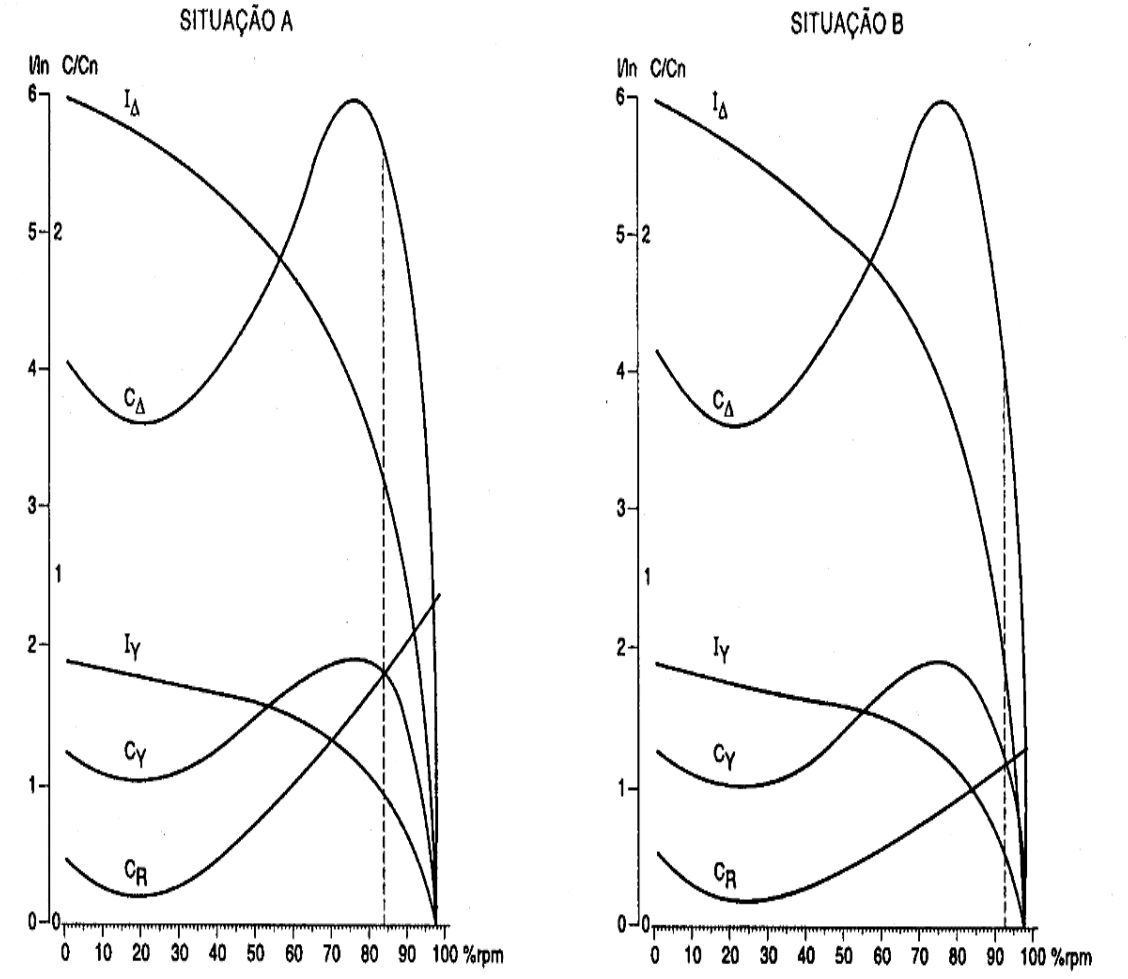
• o motor deve possuir, no mínimo, seis (6) terminais e permitir a ligação em dupla tensão, sendo que a tensão da rede deve coincidir com a tensão do motor ligado em triângulo.

• a curva de conjugados do motor deverá ser suficientemente grande para poder garantir a aceleração da máquina de até, aproximadamente, 95% da rotação nominal, com a corrente de partida.

Característica fundamental

Na partida, ligação estrela, a corrente fica reduzida a aproximadamente 33% do valor da corrente de partida direta, reduzindo-se também o conjugado na mesma proporção. Por esta razão, sempre que for necessária uma partida estrela-triângulo, deverá ser usado um motor com curva de conjugado elevado, O conjugado resistente da carga não pode ser maior que o conjugado de partida do motor, nem a corrente no instante de comutação de estrela para triângulo poderá ser de valor inaceitável. Por essa razão, o instante de comutação deve ser criteriosamente determinado, para que esse sistema de partida seja vantajoso nas situações onde o sistema de partida direta não é possível. Na página seguinte, são ilustradas duas situações de partida estrela-triângulo de motor trifásico. Uma, com alto conjugado resistente de carga (situação A), onde o sistema de partida não se mostra eficaz, pois perceba que o salto da corrente, no instante da comutação (85% da velocidade), é elevado representando cerca de 320% de aumento no seu valor, que era de aproximadamente 100%. Como na partida a corrente era de aproximadamente 190%, isso não é nenhuma vantagem.

Outra, com conjugado resistente de carga bem menor (situação B), onde o sistema se mostra eficiente, pois o salto de corrente, no instante da comutação (95% da velocidade), não é significativo, passando de aproximadamente 50% para 170%, valor praticamente igual ao da partida. Isso é uma vantagem, se considerarmos que o motor absorveria da rede aproximadamente 600% da corrente nominal, caso a partida fosse direta. (Gráf. 1)



Gráf. 1

Onde

C – conjugado

C_n – Conj. Nominal

IΔ - Corrente em triângulo

Iy – Corrente em estrela

I – Corrente

I_n – Corrente Nominal

A seguir são mostrados os diagramas de força (Fig. 1.32) e comando (Fig. 1.33) de um sistema de partida estrela-triângulo, bem como sua análise funcional.

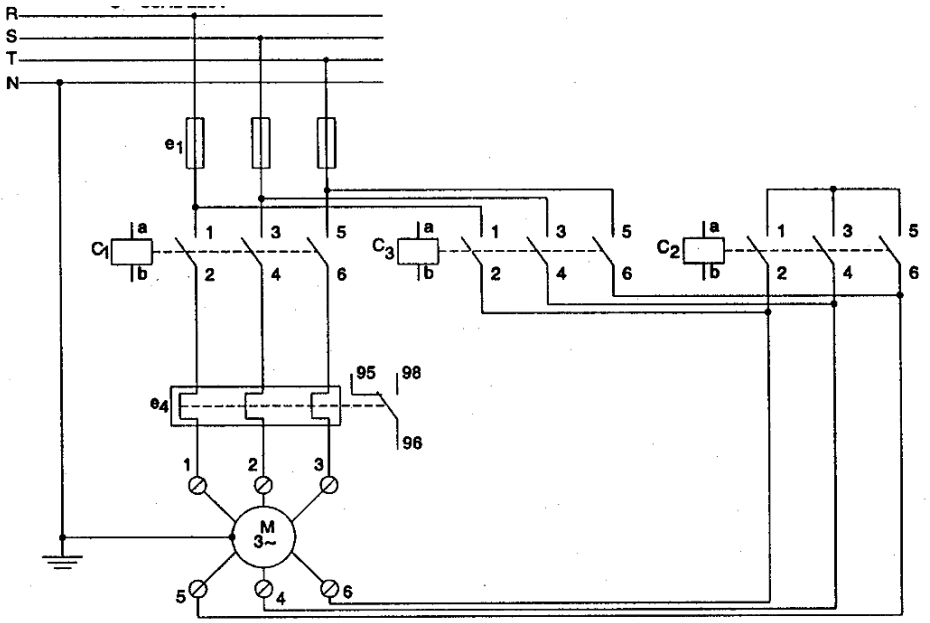


DIAGRAMA DE FORÇA

Fig. 1.32

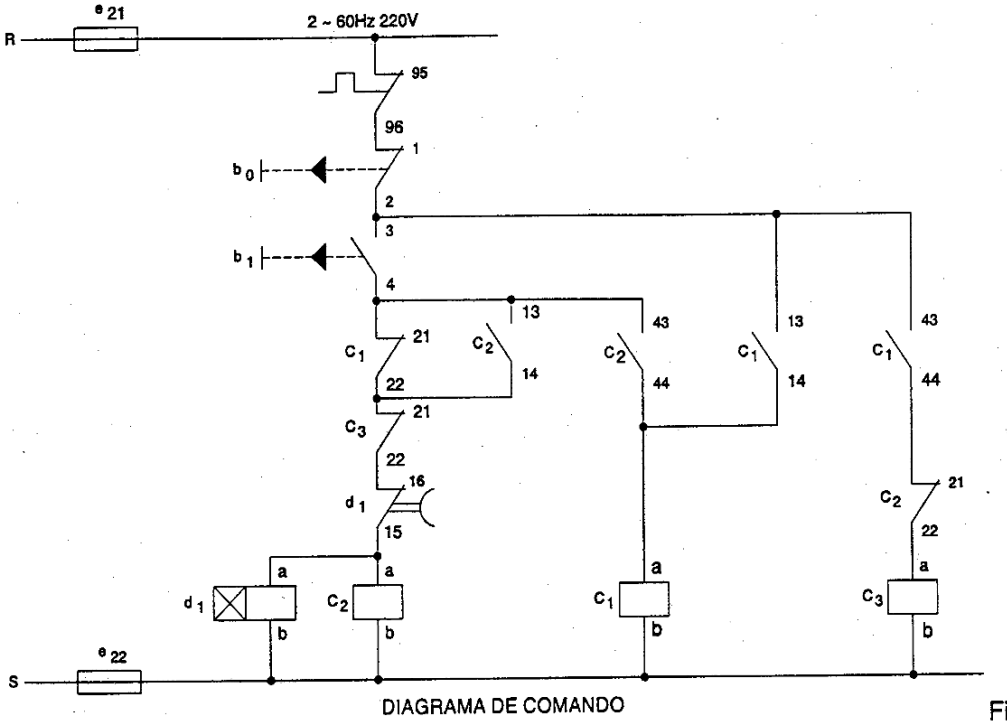


DIAGRAMA DE COMANDO

Fig. 1.33

Análise funcional.

Estando energizada a rede trifásica (R, S T), estaremos energizando o borne 95 do relé térmico de sobrecarga, e os pontos inferiores (lado b) das bobinas C_1, C_2 C_3 e d_1 através dos fusíveis e_{21} e e_{22}. O contato NF (95, 96) do relé térmico de sobrecarga, ligado em série como contato NF (1,2) do botão desliga (b_0), proporciona a energização dos bornes superiores do botão liga (b) e dos contatos NA de C_1 (13 e 43). Acionando b_1, são energizadas as bobinas de 02 e d_1, através dos contatos NF de C_1 (21,22) e d_1 (15, 16). O relé de tempo (d_1) inicia a contagem, tendo como referência o período pré-ajustado, para operar seu contato NF (d_1 - 15,16). C_2 por sua vez, abre o contato NF (21, 22), fechando os contatos NA (13,14 e 43, 44), cujas respectivas funções são garantir o bloqueio de C_3 enquanto o motor estiver em regime de partida (estrela), fazer o selo da bobina C_2 e energizar a bobina C_1. Sendo a bobina 0, energizada, através do contato NA de C_2(43,44), são acionados os contatos NF (21,22) e NA (13, 14 e 43, 44), cujas respectivas funções são impossibilitar o acionamento de 02 após a comutação de estrela para triânguro, a menos que seja acionado o botão desliga (b), selo da bobina Q e condição de acionamento para C_1 logo após a desenergização de C_2 (comutação de estrela para triângulo).

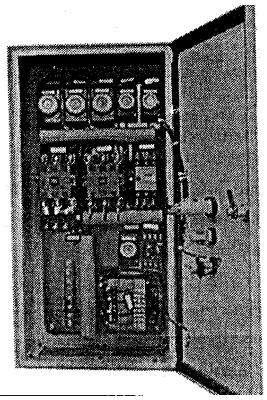
No circuito de força, estando energizados C_2 e C_1 o motor encontra-se em regime de partida (ligação estrela), recebendo em cada grupo de bobina aproximadamente 58% da tensão da rede. Com a redução no valor da tensão aplicada, a corrente e o conjugado são também reduzidos à mesma proporção.

Decorrido o tempo pré-ajustado em d_1, seu contato NF (15,16) é acionado (abre), sendo desenergizadas as bobinas C_2 e d_1. C_2 abre os contatos NA (13,14 e 43, 44) e fecha o contato NF (21, 22), oportunidade na qual C_3 é energizado, visto que o contato NA de C_1 (43, 44) permanece fechado. Uma vez desenergizada a bobina d_1, seu contato NF (15,16) retorna à posição de repouso (fecha); porém, o contato NF de 03 (21, 22) impede o seu religamento bem como o de C_2. Caso ocorra uma sobrecarga, tanto na partida quanto em funcionamento normal, o relé térmico de sobrecarga aciona seu contato NF (95, 96), desenergizando qualquer

bobina que esteja ligada (C_1, C_2, C_3 ou d_1). Se for necessário desligar o motor em qualquer instante, podemos fazê-lo através do botão desliga (b_0).

No circuito de força, estando energizados C_1 e C_3, O motor encontra-se em regime de marcha (triângulo), com os seus grupos de bobina sendo alimentados diretamente pela tensão da rede e os valores de corrente e conjugado próximos do nominal. O ajuste do relé térmico de sobrecarga é feito a 58% do valor da corrente nominal do motor e do relé de tempo, um valor suficiente para a partida (próximo de 90% da velocidade).

Conforme feito anteriormente, é ilustrada na figura 1.34, a título de exemplo, a chave estrela-triângulo 3TE, SIEMENS, que se destina ao comando e proteção de motores trifásicos de até 375kW (500CV) em 440V (CA), na categoria de utilização AC3, acoplados a máquinas que partem em vazio ou com conjugado resistente baixo e praticamente constante, tais como máquinas e ferramentas clássicas, para madeira e agrícolas.



1.34

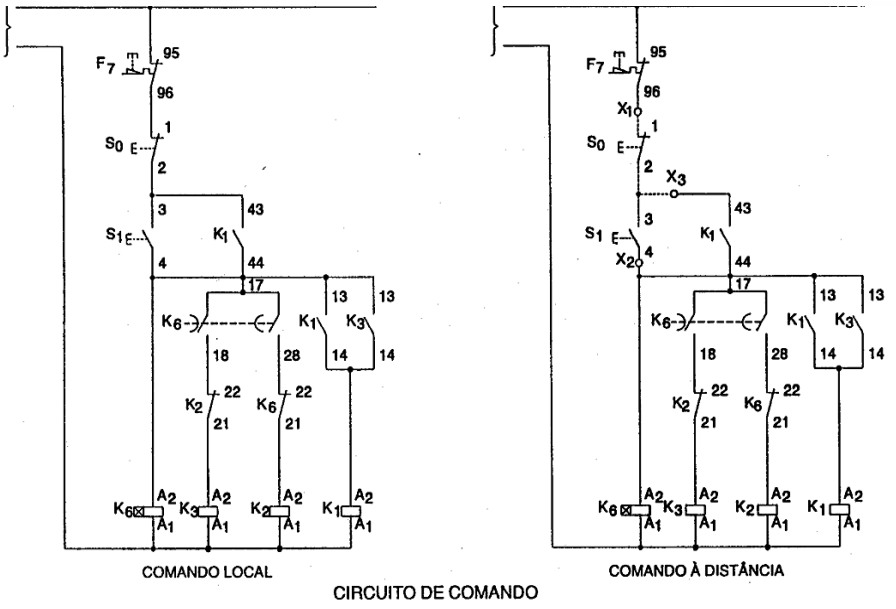
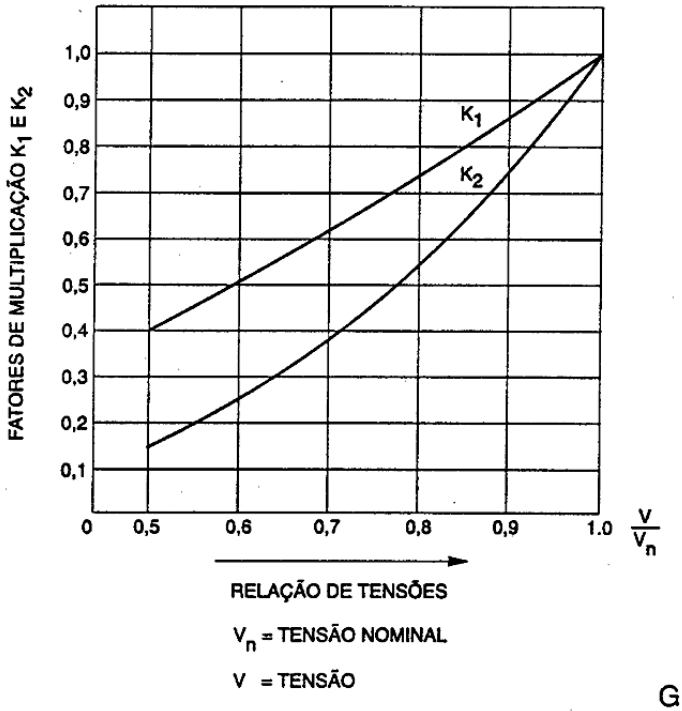


Fig. 1.35

Sistema de partida com autotransformador (compensadora) de motores trifásicos

A chave compensadora pode ser usada para partida de motores sob carga. Com ela, podemos reduzir a corrente de partida, evitando sobrecarga na rede de alimentação, deixando, porém, o motor com um conjugado suficiente para a partida e aceleração. A redução da tensão é conseguida a partir de um autotransformador, que possui normalmente tap's de 50%, 65% e 80%. Para os motores que partirem com tensão reduzida, a corrente e o conjugado de partida devem ser multiplicados pelos fatores K, (fator de multiplicação da corrente) e K_2 (fator de multiplicação do conjugado) obtidos no gráfico abaixo. (Gráf. 2)



Gráf. 2

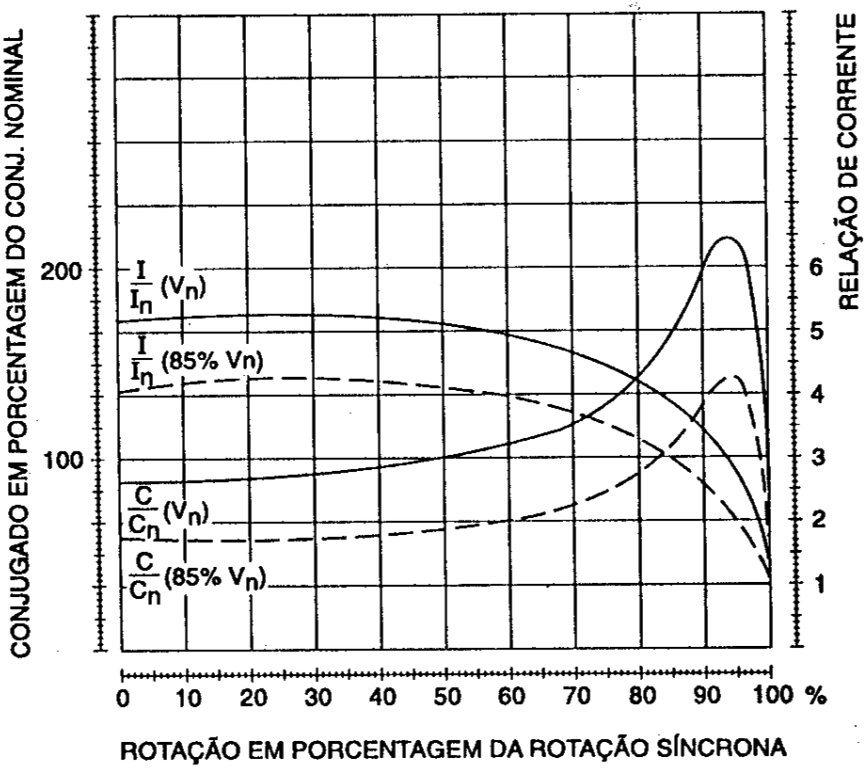
Exemplo

Para 85% da tensão nominal:

$$\frac{Ip}{In} = .85\% = \frac{K1 \,.\, IP}{In} \,.\, 100\% = \frac{0{,}8 \,.\, IP}{In} \,.\, 100\%$$

$$\frac{C}{Cn} \,.\, 85\% = K2 \,.\, \frac{C}{Cn} \,.\, 100\% = 0{,}64 \,.\, \frac{C}{Cn} \,.\, 100\%$$

Gráf. 3 ilustra as características de desempenho de um motor de 4250V, 6 pólos, 4160V, quando parte com 85% da tensão.



Gráf. 3

A seguir, são apresentados e feita a análise dos circuitos de força (Fig. 1.36) e comando (Fig. 1.37) para partida compensada automática de um motor trifásico.

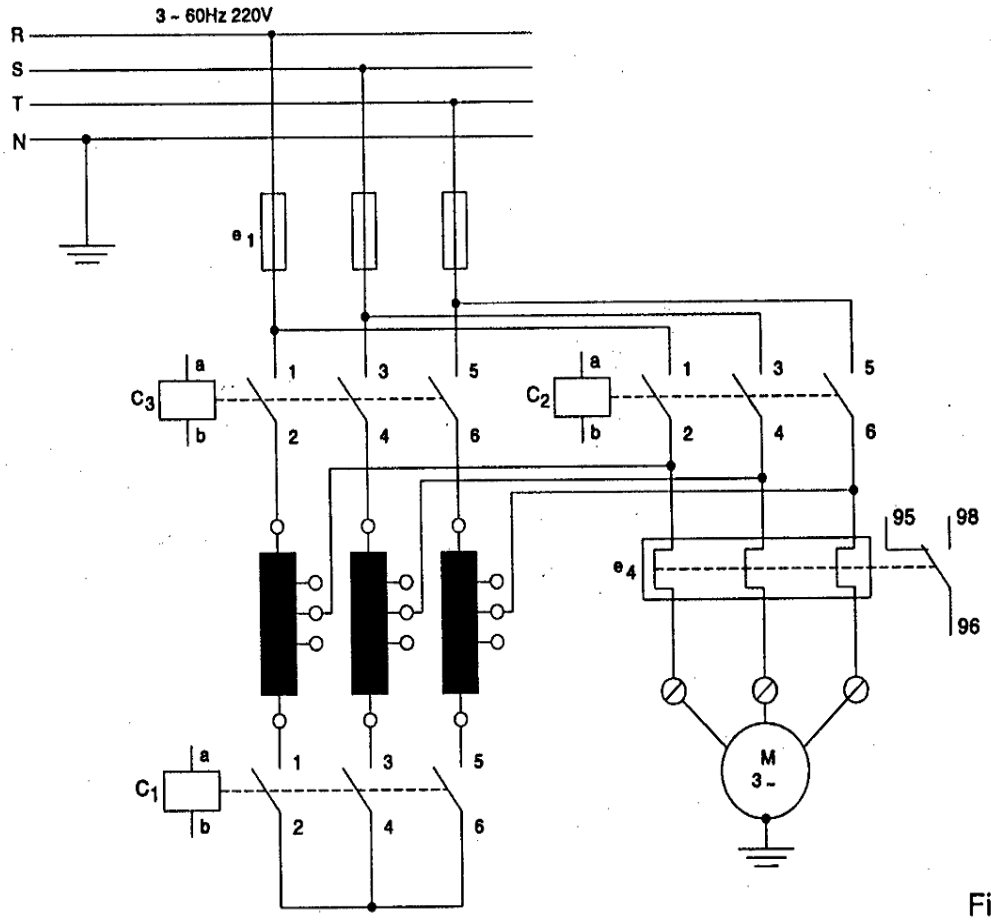
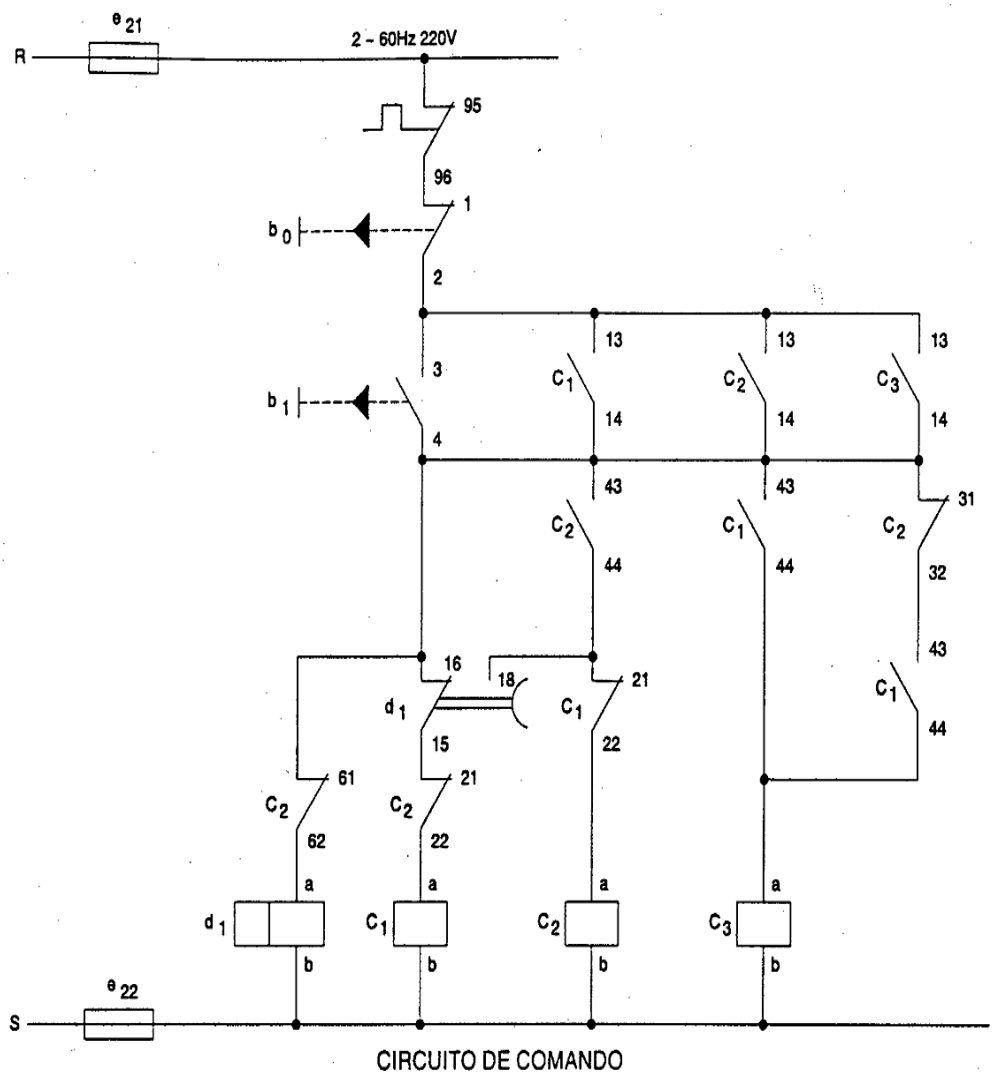


Fig. 1.36

CIRCUITO DE FORÇA



CIRCUITO DE COMANDO

Fig. 1.37

Análise funcional

Estando energizada a rede trifãsica (R, S e T), estaremos energizando o borne 95 do relé térmico de sobrecarga, e os pontos inferiores (lado b) das bobinas C_1, C_2, C_3 e d_1 através dos fusíveis e_{21} e e_{22}. O contato NF (95, 96) do relé térmico de sobrecarga, ligado em série com o contato NF (1,2) do botão desliga (b_0), proporciona a energização dos bornes superiores do botão liga (b_1) e dos contatos NA de C_1, C_2 e C_3 (13). Acionandob$_1$, são energizadas as bobinas de d_1 e C_1 através dos contatos NF de C_2(61, 62), d_1 (15, 16) e 02 (21, 22).

O relé de tempo (d_1) inicia a contagem, tendo como referência o período pré-ajustado, para operar seu contato NF (d_1 -15,16). C por sua vez, abre o contato NF (21,22), fazendo o bloqueio de C_2 e fecha os contatos NA (13, 14 e 43, 44), tendo como respectivas funções selo de C_1 d_1 e energização de C_3. Uma vez

ligado, C_3 seus contatos NA (13,14 e 43,44), que têm ambos a função de selo, isto é, manter C_3 ligado independentemente da desenergização de C_1.

No circuito de força, com C_1 e C_3 ligados, o motor encontra-se em regime de partida compensada, com Calimentando o autotransformador trifásico, com a tensão da rede, e este fornecendo tensão reduzida ao motor através de seus tap's (derivações).

Decorrido o tempo pré-ajustado em d_1, seu contato reversível (15,16) é acionado (abre), sendo desenergizada a bobina C e fecha (15, 18) energizando a bobina 02 através do contato NF de C_1 (21, 22). C_2 abre os seus contatos NF (21, 22 - 31, 32 – e 61, 62) fazendo, respectivamente, o bloqueio da bobina C_2, desligamento da bobina C_3 e desligamento da bobina d_1, e fecha os contatos NA (13,14 e 43, 44) que têm a função de selo, ou seja, manter C_2 ligado. Perceba que, no instante da comutação, o relé de tempo desliga apenas a bobina C_1 ficando energizada a bobina C_3 mantendo assim o motor sob tensão através dos enrolamentos de cada coluna do autotransformador. Isso faz com que seja reduzido o pico de corrente no instante da comutação (inserção da bobina C_2), pois o motor não é desligado.

No circuito de força, com C_2 ligado, o motor encontra-se em regime de marcha, isto é, com os valores de corrente e conjugado nominais.

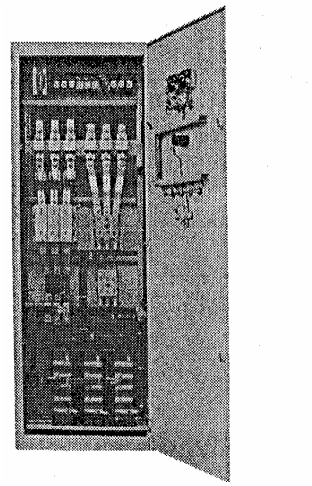


Fig. 1.38

O relé térmico de sobrecarga deverá ser ajustado para o valor da corrente nominal do motor, e o relé de tempo para um valor tal que garanta a aceleração do motor até aproximadamente 80% da velocidade.

Mais uma vez, ilustramos o sistema de partida compensada (Fig. 1.38) com uma chave compensadora CAI, Siemens, que se destina ao comando e proteção de motores trifásicos de até 375kW(500CV) em 440V(CA) na categoria de utilização AC3, acoplados a máquinas que partem com aproximadamente metade de sua carga nominal, tais Como calandras, compressores, ventiladores, bombas e britadores.

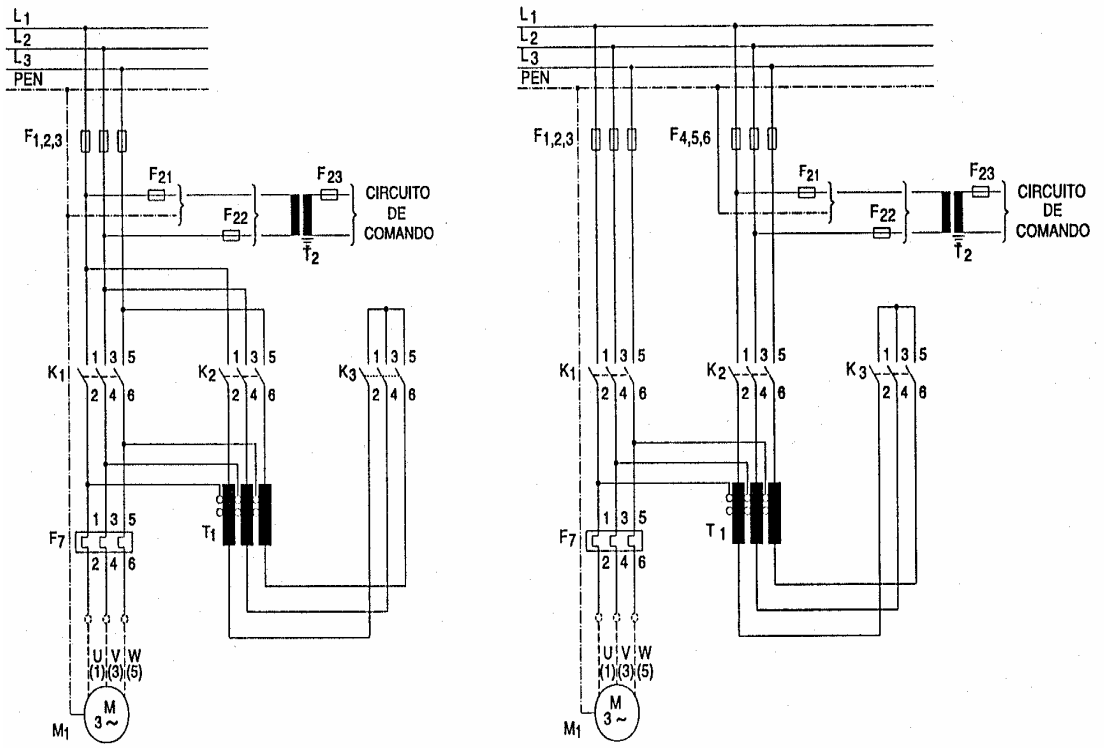


Fig. 1.39

Comparação entre chaves estreia-triângulo e compensadoras automáticas
Estrela-triângulo automática

Vantagens:

- é muito utilizada por ter custo reduzido;
- número ilimitado de manobras;
- os componentes ocupam pouco espaço;
- redução da corrente de partida para aproximadamente 33**%** do valor da corrente de partida direta.

Desvantagens:

- só pode ser aplicada a motores com, no mínimo, seis terminais;
- a tensão da rede deve coincidir com a tensão do motor em triângulo;
- redução do conjugado de partida para 33%;
- pico de corrente no instante da comutação de estrela para triângulo, que deve acontecer no mínimo a 90% da velocidade, para que não seja alto.

Compensadora automática

Vantagens:

- o motor parte com tensão reduzida e o instante da comutação, ou seja, segundo pico de corrente, é bem reduzido, visto que o autotransformador, por um curto intervalo de tempo, torna-se uma reatância, fazendo com que o motor não seja desligado;
- é possível a variação dos taps do autotransformador, variando o valor da tensão nos terminais do motor, proporcionando assim uma partida satisfatória.

Desvantagens:

- número iimitado de manobras. O autotransformador é determinado em função da freqüência de manobras;
- custo elevado devido ao autotransformador;
- construção volumosa devido ao tamanho do autotransformador, necessitando quadros maiores, elevando assim o seu custo.

Comutação polar de motores trifásicos

Existem aplicações em que necessitamos de motores com velocidades diferentes para desenvolver determinados tipos de tarefas. Para essas aplicações podemos utilizar motores diferentes ou, a fim de reduzir o custo da instalação e obter economia de espaço em máquinas, motores únicos; isto é, motores que, dependendo da forma com que são ligados, giram em baixa ou alta velocidade. Isto pode ser conseguido com os motores que possuem duplo enrolamento, ou com os motores que têm uma característica de fechamento interno diferenciada denominada ligação dahlander.

Para o primeiro grupo citado, ou seja, motores com enrolamento separado, são mostradas abaixo (Fig. 1.40) as características de ligação externa, a titulo de exemplo, de um motor trifásico, quatro e seis pólos (4/6), de velocidades próximas de 1800/1200rpm, respectivamente.

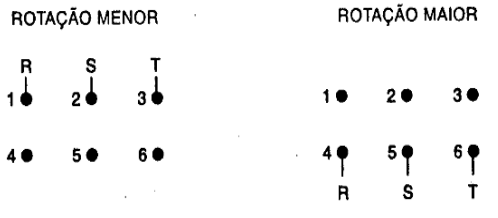


Fig. 1.40

Para o segundo grupo estão ilustradas, na figura 1.41, as ligações externas de um motor trifâsico com ligação dahlander, de quatro e oito pólos (4/8), com velocidades próximas de 1800/900rpm, respectivamente.

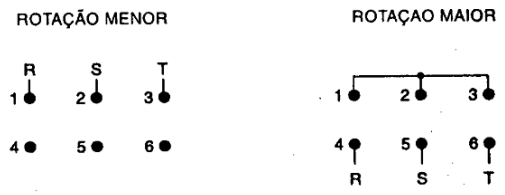


Fig. 1.41

Observação

A diferença básica entre um motor comenrolamento separado e com ligação dahlanderé que, neste último, as polaridades são uma odobro da outra, tendo como conseqüência velocidades com a mesma relação de dobro.
A seguir são mostrados os diagramas de força (Fig. 1.42) e comando (Fig. 1.43) para comutação polar de motores trifásicos, com ligação dahlander, 4/8 pólos, comandado por botões.

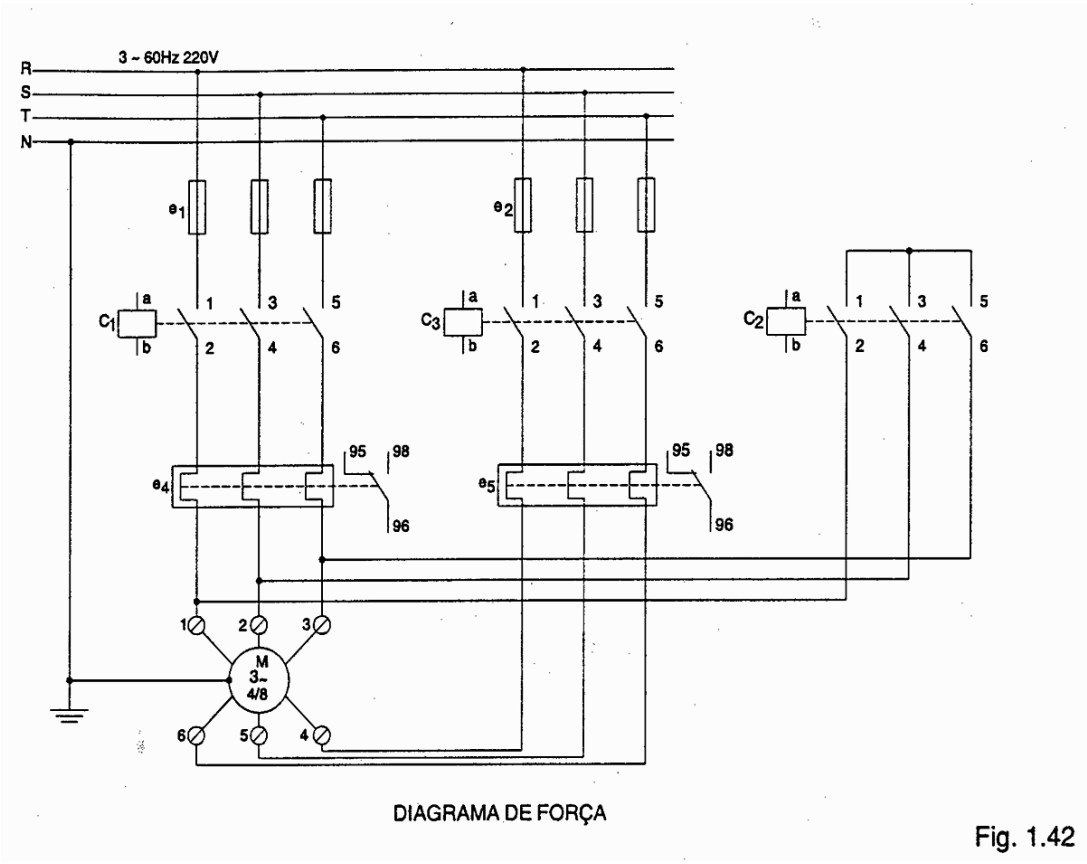


DIAGRAMA DE FORÇA

Fig. 1.42

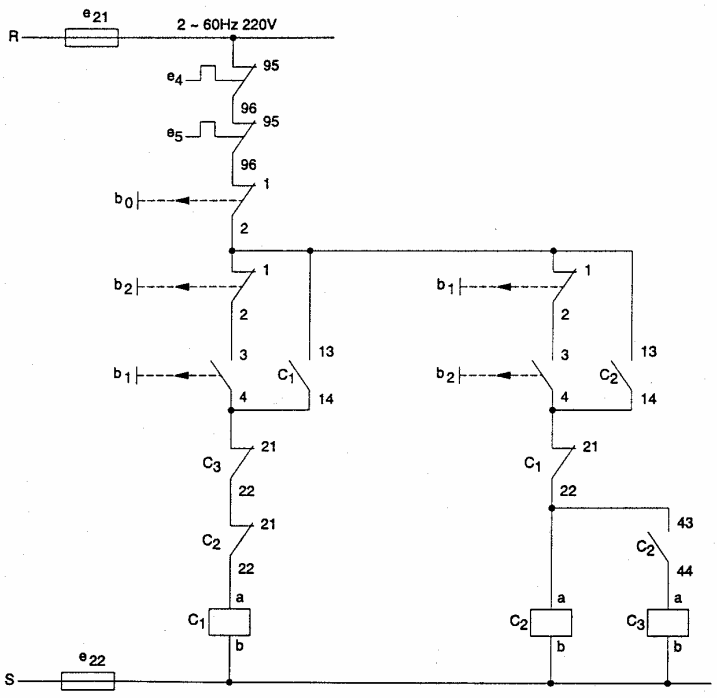


DIAGRAMA DE COMANDO

Fig. 1.43

Análise funcional

Estando energizada a rede trifásica (R, S e T), estaremos energizando o borne 95 do relé térmico de sobrecarga (e_4) e os pontos inferiores (lado b) das bobinas C_1 C_2 e C_3, através dos fusíveis e_{21} e e_{22}. O contato NF (95, 96) do relé térmico de sobrecarga (e_4), ligado em série com o contato NF (95, 96) do relé térmico de sobrecarga (e_5) e contato NF (1, 2) do botão desliga (b_0), proporciona a energização dos bornes superiores dos contatos NF (1, 2) dos botões b_1 e b_2 e NA (13, 14) dos contatores C_1 e C_2. Os contatos NA (3, 4) dos botões liga (b_1 e b_2) são energizados através dos contatos NF (1, 2) de b_2 e b_1, respectivamente, criando assim um intertravamento elétrico entre esses pontos. Acionando b_1, energizamos a bobina C_1, através dos contatos NF (21, 22) de C_3 e C_2 cuja função é impedir o acionamento do motor em baixa rotação quando este estiver girando em alta rotação. Uma vez energizado, Q abre seu contato NF (21, 22), fazendo o bloqueio dos contatores de alta rotação, função análoga à descrita para os contatos NF de C_3 e e fecha o contato NA (13, 14), fazendo o seu selo.

No circuito de força, estando C_2 energizado, os terminais 1, 2 e 3 do motor recebem alimentação trifásica, através do relé térmico de sobrecarga (e_4), e este gira em baixa rotação.

Para que ocorra o acionamento do motor em alta rotação é necessário acionar o botão desliga (b_0), e, em seguida, o botão liga (b_2).

Quando isso é feito, C_1 é desenergizado, colocando na posição de repouso seus NA (13,14) e NF (21,22). Oportunamente com b_2 acionado, é energizada a contatos, C_2 bobina C_2 através do contato NF de C_1 (21, 22). C_2 abre seu contato NF (21, 22), bloqueando C_1, e fecha seus contatos NA, (43, 44) energizando a bobina C_3 e (13, 14), fazendo o selo de ambas. C_3 energizado, abre o seu contato NF (21, 22) de função análoga à do NF de C_2 (21, 22).

No circuito de força, C_2 fecha em curto os terminais 1,2 e 3 do motor e C_3 alimenta os terminais 4, 5 e 6 com a rede trifásica, através do relé térmico de sobrecarga e_5. O motor gira em alta rotação.

Sistemas de frenagem de motores trifásicos

Em determinadas aplicações, necessitamos da parada instantânea do motor que aciona a máquina ou dispositivo, a fim de garantir precisão do trabalho executado. Podemos citar, como exemplo, o processo de usinagem de uma determinada peça, no qual a ferramenta avança usinando até um determinado ponto, quando então, ao alcançá-lo, deve parar. Num sistema comum de parada do motor, a ferramenta ainda avançaria por um determinado intervalo de tempo, necessário para fazer com que a
inércia de movimento do eixo seja vencida pelo conjugado resistente de carga.
Podemos obter a parada instantânea do motor por dois métodos: frenagem por contracorrente e por corrente retificada.
No sistema de frenagem por contracorrente, um dispositivo acoplado ao eixo do motor mantém um contato NA, fechado, por ação de força centrífuga, sendo que o momento de sua abertura pode ser ajustado externamente (força que o mantém aberto).
No sistema de frenagem por corrente retificada, aplica-se corrente contínua ao estator do motor trifásico, obtendo um campo magnético fixo, fazendo com que o rotor (eixo) pare.
Ambos os sistemas requerem um circuito de comando que identifique o momento da parada e efetive a alimentação do dispositivo de frenagem.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Livros instrucionais eletrotécnica
SENAI CFP OC